UNIVERSITY OF ST. MICHAEL'S COLLEGE
3 1761 02166452 9

Abrégé d'histoire naturelle, à l'usage des maisons d'éducation.

ABRÉGÉ
DE
ÉOLOGIE

PAR

LE CHANOINE V.-A. HUARD, Sc. D.
DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DU CANADA
DIRECTEUR DU *Naturaliste canadien*
CONSERVATEUR DU MUSÉE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Deuxième édition

QUÉBEC
Imprimerie l'Action Sociale Ltée
1918

QE
40
H8
SMC

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/abrgdegolo00huar

Cours abrégé d'histoire naturelle, à l'usage des maisons d'éducation.

ABRÉGÉ

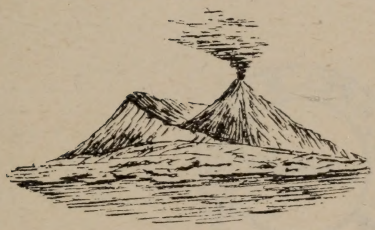
DE

GÉOLOGIE

PAR

LE CHANOINE V.-A. HUARD, Sc. D.
DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DU CANADA
DIRECTEUR DU *Naturaliste canadien*
CONSERVATEUR DU MUSÉE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Deuxième édition



QUÉBEC
Imprimerie l'Action Sociale Ltée
1918

NIHIL OBSTAT.

LIONEL LINDSAY, pter,
Censor designatus.

Imprimatur.

† P.-E. ROY, év. d'Eleuth.,
Admin. de Québec.

Archevêché de Québec,
8 fév. 1913.

ST. MICHAEL'S COLLEGE
LIBRARY

Droits réservés, Canada, 1913.

ABRÉGÉ DE GÉOLOGIE

DU MÊME AUTEUR

L'Apôtre du Saguenay (Biographie de Mgr D. Racine, premier évêque de Chicoutimi). 154 pages, in-8°, illustré. *3e édition.* 1895. (*Epuisé*) $0.50

Labrador et Anticosti. 520 pages, in-8°. 100 gravures et carte. 1897. (*Épuisé*) 1.50

Impressions d'un Passant (Amérique, Europe, Afrique). 374 pages, in-8°. 1906. ..... 1.00

Traité élémentaire de Zoologie et d'Hygiène. 274 pages, in-12. 202 gravures. *2e édition.* 1906..... 0.60

Le " Miscellaneorum Liber " ou les Missions du Saguenay au 18e siècle. 26 pages, gd in-8°. 1912 ..... 0.25

Cours abrégé d'Histoire naturelle, à l'usage des maisons d'éducation .....

Abrégé de Zoologie. 130 pages, in-12, 122 gravures 0.25

Abrégé de Botanique. 78 pages, in-12, 35 gravures..... 0.25

Abrégé de Minéralogie. 50 pages, in-12, 6 gravures..... 0.25

Abrégé de Géologie. 158 pages, in-12, 75 gravures..... 0.25

Manuel des Sciences usuelles, par les abbés V.-A. Huard et H. Simard. In-12. *4e édition.* 1916..... 1.00

GÉOLOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

L'objet de l'Histoire naturelle ou des Sciences naturelles, c'est l'étude et la connaissance des corps organiques ou inorganiques, animés ou inanimés, qui existent soit à la surface, soit dans l'intérieur de la terre. Le globe terrestre lui-même, étant composé dans son ensemble de corps inanimés et inorganiques, se trouve aussi par là à être l'objet de l'une des branches de l'histoire naturelle. Cette branche des sciences naturelles se nomme GÉOLOGIE, et l'on peut donc la définir : la science qui a pour but *l'étude et la connaissance de la Terre.*

Si l'on voulait entendre cette définition dans un sens très complet, on pourrait aller jusqu'à dire que la Géologie comprend toutes les sciences qui ont pour objet la nature matérielle entière, par exemple : la " géographie ", qui étudie tous les accidents (montagnes, plaines, océans, rivières, etc.) de la surface de la Terre ; — la " physique ", qui s'occupe des divers agents (pesanteur, chaleur, électricité, etc.) qui s'exercent dans la nature ; — la " chimie ", qui a pour objet l'étude des combinaisons que forment entre elles les substances diverses ; — la " zoologie " et la " botanique ", qui sont la connaissance des animaux et des plantes qui vivent à la surface du globe, et la " paléontologie ", qui est, pour ainsi dire, la zoologie et la botanique des premiers âges de la Terre, puisqu'elle s'occupe de connaître les animaux et les plantes qui vivaient dans ces époques reculées et dont on touve les restes (nommés

fossiles) à diverses profondeurs du sol. Le géologue a besoin, assurément, de posséder plus ou moins toutes ces sciences, afin de se rendre compte, le plus parfaitement qu'il est possible, des phénomènes qui se sont passés ou qui se passent actuellement sur la surface et dans l'intérieur du globe terrestre. Mais, toutes ces sciences secondaires, dont chacune est d'une étendue considérable, s'étudient séparément et constituent des branches spéciales des connaissances humaines. La MINÉRALOGIE, ou l'étude des substances qui composent les terrains constituant le globe terrestre, et la PALÉONTOLOGIE elle-même, sont aussi des sciences distinctes et spéciales, que l'on étudie à part.

Lorsqu'on a ainsi éliminé toutes ces branches secondaires de l'étude générale de la Terre, il ne reste plus que l'étude restreinte de la Terre elle-même, et c'est cette étude spéciale qui est la Géologie.

Pour indiquer quels sont l'importance et l'intérêt de la Géologie, il suffit de dire qu'elle a pour objet ce qu'on peut appeler l'histoire de la Terre. Elle se propose d'étudier la forme et la composition du globe terrestre, et les transformations qu'il a subies dans le cours des âges sous l'influence de divers phénomènes, dont quelques-uns (par exemple, les tremblements de terre, la marche des glaciers, etc.) sont encore en action de notre temps et à notre connaissance.

DIVISIONS DE LA GÉOLOGIE. — La Géologie comprend les quatre branches suivantes, auxquelles correspondent les quatre parties du présent ouvrage :

1° *Géologie physiographique*, qui a pour objet l'étude de la surface de la Terre et des variations de relief qui s'y trouvent (montagnes, rivières, etc.) ;

2° *Géologie lithologique :* c'est l'étude des roches (toutes substances minérales, existant en masses plus ou moins considérables) qui forment la croûte ou l'écorce du globe terrestre ;

3° *Géologie dynamique*, qui étudie l'action des phénomènes actuels, dépendant de la vie, de l'air, etc., sur la structure et la constitution de la Terre : étude qui permet

de se rendre compte de la manière dont la Terre s'est à la longue constituée telle que nous la voyons ;

4° *Géologie historique :* dans cette partie, qui se rattache à la précédente, on cherche à connaître dans quel ordre se sont succédé les étapes qui ont marqué la formation de la Terre, et quels ont été les caractères distinctifs de ces périodes ou époques géologiques.

———

PREMIÈRE PARTIE

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE

La Terre, séjour de l'homme durant son temps d'épreuve, est une sphère légèrement renflée en son milieu (équateur) et placée par le Créateur dans les espaces. Elle fait partie du système planétaire qui a le soleil pour centre, et participe au mouvement général de ce système autour d'un centre inconnu. Les forces d'attraction qu'exercent sur elle les autres corps célestes la maintiennent dans la position relative qu'elle occupe. Elle conserve le mouvement initial que Dieu lui imprima en la créant, et qui est double. En effet, d'abord, elle tourne sur elle-même ; et cette révolution, qui dure 24 heures et qui lui fait successivement et régulièrement présenter sa surface à la lumière du soleil, détermine la succession des jours et des nuits. En outre, elle décrit autour du soleil, en une année, une ellipse sur le contour de laquelle ses positions successives déterminent l'ordre et le caractère des saisons.

Le diamètre du globe terrestre, à l'équateur, est d'à peu près 7920 milles, et, d'un pôle à l'autre, d'environ 7894 : soit une différence de 26 milles seulement et qui n'empêche pas la Terre de se rapprocher beaucoup de la forme sphérique. De même, la hauteur variée des montagnes, si on la considère relativement au volume du globe terrestre, ne l'empêche pas non plus d'être de forme sensiblement sphérique.

Suivant l'hypothèse la plus plausible, la Terre a commencé par être à l'état de boule incandescente. Par suite de la

déperdition de chaleur qu'elle a subie à travers les espaces, sa surface s'est refroidie progressivement et recouverte d'une croûte formée des substances minérales qui se solidifiaient peu à peu. Cette croûte s'épaississant à la longue et mettant obstacle au refroidissement de la masse terrestre, il est resté au centre du globe un noyau de matières minérales en fusion, dont l'existence se démontre soit par les éruptions volcaniques, soit par l'accroissement régulier de chaleur que l'on constate à mesure que l'on pénètre plus avant à travers la croûte terrestre.

Tout refroidissement implique une diminution de volume, laquelle est plus considérable encore pour les liquides que pour les solides. Il suit de là que le noyau central et liquide du globe diminue plus de volume, en se refroidissant, que la croûte terrestre qui s'est formée à sa surface. Cette croûte, pour continuer de s'appuyer sur la masse centrale liquide, a dû nécessairement se plisser. — Ces plisse-

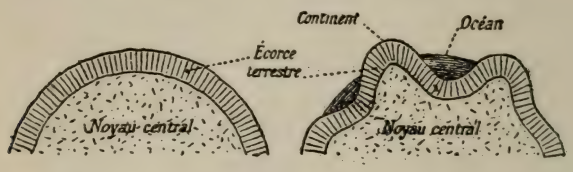


Fig. 1. — Formation des continents et des océans par les plissements de la croûte terrestre.

ments plus ou moins considérables de l'écorce terrestre, se projetant plus ou moins au-dessus de la ligne moyenne de surface, formèrent les *continents*. D'autre part, l'atmosphère, dans laquelle la Terre ne déversait plus autant de chaleur, se refroidissait aussi ; et, par suite, la masse des vapeurs qui l'imprégnaient, se condensant peu à peu, passait à l'état liquide, c'est-à-dire à l'état d'eau. C'est cette eau qui, ne pouvant rester en suspension dans l'atmosphère, est tombée sur la croûte terrestre, et s'est accumulée dans ses dépressions, pour former les océans, les lacs, les fleuves et les rivières. Telle est, d'après la

science, l'origine des *eaux* qui recouvrent une grande partie de la croûte terrestre.

La surface du globe comprend donc un " élément solide " et un " élément liquide ", dont l'étude fera l'objet des deux chapitres suivants.

Chapitre I

L'ÉLÉMENT SOLIDE DE LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE

Des *continents*, des *îles*, des *montagnes*, des *plateaux* et des *plaines :* voilà ce qui compose la surface extérieure de la croûte ou de l'écorce terrestre.

Continents. — Les continents sont de grandes étendues de terre qui s'élèvent au-dessus des eaux. Ils occupent près de la moitié de la surface du globe, et sont situés principalement dans l'hémisphère nord.

D'après la position des continents les uns par rapport aux autres, on peut les répartir en trois groupes ou massifs, qui sont : 1° l'Amérique ; 2° l'Europe et l'Afrique ; 3° l'Asie et l'Australasie. Il est remarquable que chacun de ces massifs se terminent en pointe dans la direction sud. Un autre fait digne de remarque, c'est que, dans presque tous les cas, aux antipodes (points opposés du globe terrestre), les continents correspondent à des océans et non à des terres. — La hauteur moyenne de l'Europe, au-dessus de la mer, est de 900 pieds ; celle de l'Amérique, 1800 ; celle de l'Afrique, environ 2000 ; et celle de l'Asie, 2800.

Iles. — Les îles peuvent être considérées comme des continents à dimensions restreintes. Il y en a cependant dont la superficie est très étendue, par exemple : le Groenland, Bornéo, le Japon, l'Angleterre et l'Ecosse, Madagascar, la Sicile, Terre-Neuve, la Nouvelle-Zélande, etc. Il y a des groupes ou des chaînes d'îles, comme aux Antilles et

en Océanie, que l'on dirait n'être que les pics ou sommets, émergeant des eaux, de groupes de montagnes submergées.

Montagnes. — Les montagnes sont comme des plissements de la croûte terrestre, qui s'élèvent à une hauteur plus ou moins considérable au-dessus des régions voisines. C'est dans l'Himalaya, en Asie, que se trouve la montagne la plus haute (29,000 pieds). Parfois, les montagnes sont isolées : celles de Montréal et de Belœil en offrent des exemples bien connus ; mais le plus souvent, elles sont groupées ensemble et forment alors les " chaînes de montagnes". Des chaînes de montagnes, plusieurs se composent d'une suite régulière de pics distincts, ou d'une série d'ondulations se développant sur la longueur (montagnes Rocheuses) ou dans le sens latéral (monts Apalaches). Nos Laurentides du nord de la Province, au contraire, ne présentent aucune orientation régulière et ne sont qu'un fouillis d'élévations groupées sans ordre défini.

Généralement, les montagnes les plus hautes occupent le bord des océans, et sont voisines des mers les plus profondes. Pour l'ordinaire aussi, le versant tourné vers l'océan est de pente plus raide que le versant tourné vers l'intérieur des terres.

Plaines. — Ces grandes étendues de terre, plus ou moins planes et où ne se trouvent pas de montagnes, c'est ce que l'on nomme " plaines ". Les plaines constituent la plus grande partie de la surface des continents. Elles prennent le nom de *prairies*, si elles sont recouvertes de grandes herbes (Nord-Ouest canadien), et de *pampas*, lorsque la végétation qui y croît est l'herbe haute et dure nommée " pampa " (République Argentine) ; de *déserts*, quand leur surface est aride, couverte de rochers ou de sable, presque dépourvue de végétation (Sahara) ; de *steppes*, quand on veut désigner les plaines immenses, généralement stériles, de la Russie et même de l'Amérique.

Plateaux. — On donne le nom de " plateaux " aux plaines, plus ou moins élevées, qui existent entre deux chaînes

de montagnes assez rapprochées. Pour l'Amérique du Nord, on peut citer, comme exemples, le plateau qui s'étend des montagnes Rocheuses jusqu'au Grand Lac Salé, et celui du Mexique : leur élévation moyenne va de 4000 à 7000 pieds. L'Amérique méridionale possède le plateau de Quito, élevé d'une dizaine de mille pieds.

Chapitre II

L'ÉLÉMENT LIQUIDE DE LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE

C'est l'EAU qui constitue l'élément liquide de la surface du globe. Dans les trois états (solide, liquide, vaporeux) qu'elle peut affecter, elle joue un rôle considérable dans les phénomènes de la nature : nous l'étudierons à ce point de vue dans une autre partie de cet ouvrage. Dans le présent chapitre, nous n'avons à nous occuper que de son existence sur les divers points de la surface terrestre où elle se trouve à l'état liquide, qui est son état naturel.

Si le globe terrestre était uni de surface, toute la masse des eaux le recouvrirait d'une enveloppe d'épaisseur faible, à la vérité, mais uniforme. Etant donné, au contraire, que le noyau central en fusion a diminué de volume en perdant de sa chaleur, et que la croûte terrestre a dû subir des plissements pour rester appuyée sur le noyau central qui la supporte, la surface solide de la Terre est devenue très inégale, et comme couverte de plis, ou de rides, ou de dépressions ; et les eaux se sont écoulées et amassées dans ces sortes de tranchées ou de creux que présente aujourd'hui la surface extérieure du globe. Suivant leur étendue, suivant la forme que leur font prendre les diverses conditions de terrain, ces amas d'eau sont des *océans*, des *lacs*, des *fleuves* ou des *rivières*. Nous dirons ici quelques mots de chacune de ces divisions de la masse des eaux qui existent à la surface de la Terre.

Océans. — La mer (ou les océans) occupe environ la moitié de la surface du globe ; son étendue est beaucoup plus considérable dans l'hémisphère sud (ou austral) que dans l'hémisphère nord (ou boréal), où les continents sont plus développés. Comme chacun l'a appris en étudiant la géographie, la mer se partage en quatre grands océans, qui sont : le *Pacifique*, l'*Atlantique*, l'*Arctique*, et l'*Antarctique*.

La profondeur moyenne des océans est de 15,000 pieds environ. D'un océan à l'autre, et même d'un endroit à l'autre dans un même océan, la profondeur est très diverse. Elle est, par exemple, généralement moindre que 600 pieds entre l'Angleterre et l'Islande, et varie de 6,000 à 15,000 entre l'Angleterre et Terre-Neuve ; elle est de 12,000 pieds dans l'Atlantique nord, et de 16,000 dans le Pacifique nord. Les plus grandes profondeurs que l'on ait constatées dans la mer sont de 25,000 pieds, environ, au nord des Bermudes (Atlantique) et au large des îles Kouriles (Pacifique), et de 32,078 pieds à quelque distance au nord de l'île Mindanao (Philippines).

Comme on le voit, il y a une proportion entre les grandes élévations montagneuses et les grandes profondeurs marines. D'autre part, en observant ces inégalités si frappantes, qui se trouvent à la surface de l'écorce terrestre, on est porté à s'étonner devant ces énormes différences de niveau. Et pourtant, si on les considère par rapport au volume du globe terrestre, il faut reconnaître que, *proportionnellement*, elles sont de beaucoup plus faibles que celles des rugosités de la surface d'une orange.

Lacs. — On donne le nom de *lac* à une étendue d'eau relativement peu considérable, par comparaison avec l'étendue des océans. Un lac prend, du reste, le nom de mer lorsque ses dimensions sont très grandes. (Ex., mer Caspienne, mer d'Azof, en Europe.) — Ordinairement, les lacs ont pour origine l'accumulation des eaux dans les dépressions de la croûte terrestre, qui deviennent ainsi comme des réservoirs alimentés par les régions voisines

qui y déversent leurs eaux. D'autres fois, ils ne sont que des élargissements d'un fleuve ou d'une rivière, comme c'est le cas pour le lac Saint-Louis et le lac des Deux-Montagnes, dans le Saint-Laurent.

Les plus grands lacs du globe sont : en Asie, la mer Caspienne (120,000 milles carrés); au Canada : le lac Supérieur (32,000), le lac Huron (23,000), le lac du Grand-Ours (12,000), le lac des Esclaves (11,000), les lacs Winnipeg (10,000) et Ontario (7,000) ; aux États-Unis, le lac Michigan (23,000), le Grand Lac Salé (6,000) ; en Afrique, le lac Victoria-Nyanza (26,500), le lac Tanganyika (15,000), le lac Nyassa (12,000). Dans la province de Québec, nos lacs les plus importants sont : le Mistassini (1000 milles carrés), l'Abitibi (356) et le Saint-Jean (350).

Fleuves et Rivières. — Les cours d'eau qui traversent les terres se nomment " fleuves " s'ils se jettent dans l'océan, et " rivières " quand ils débouchent dans les fleuves ou dans les lacs. On donne le nom de *lits* aux sortes de canaux dans lesquels ils coulent. Ces lits des fleuves et rivières ont pour origine : tantôt l'érosion produite par l'écoulement plus ou moins accidenté des eaux superficielles ; tantôt le déversement et l'écoulement des eaux dans les crevasses ou fentes, d'une étendue plus ou moins considérable, qui se sont formées par la contraction (due au refroidissement) de la croûte terrestre, ou par suite de quelque bouleversement causé par des éruptions volcaniques ou par des secousses sismiques. — Les ruisseaux et les rivières alimentent les fleuves, et par suite les océans, en leur apportant les eaux des régions qu'ils traversent, et qui proviennent elles-mêmes des neiges et des pluies résultant de la condensation des vapeurs qui s'élèvent sans cesse de la mer et des autres grandes masses d'eau.

Les fleuves les plus grands ou les plus importants sont : en l'Amérique du Nord, le Missouri-Mississipi (4500 milles), le Mackenzie-Athabaska (2600 m.), le Saint-Laurent (2200 m.) ; en l'Amérique du Sud, l'Amazone (4200 m.) ; en Asie, le Yang-tsé-Kiang (3200 m.), l'Iénisséi

(3300 m.), l'Ob (3000 m.) ; en Afrique, le Nil (4000 m.), le Congo (3000m.) ; en Europe, le Danube (1900 m.), le Volga (2200m.), le Rhin (850 m.).

Outre le fleuve Saint-Laurent, qui la traverse de part en part, notre Province compte encore, entre autres rivières considérables, l'Ottawa (800 milles), le Saint-Maurice (350 m.), et surtout le célèbre Saguenay (250 m.), véritable fiord creusé par les glaciers comme un canal gigantesque, et qui atteint, entre ses parois élevées de 500, de 1000, de 1500 pieds, des profondeurs de plus de 3000 p.

Rapides, Cascades, Chutes et Cataractes. — Des interruptions brusques dans le niveau du lit des fleuves et des rivières produisent des rapides, des cascades, des chutes ou des cataractes, suivant l'importance de la masse des eaux ou de la hauteur d'où elles se précipitent.

Les cataractes du Nil, quoique célèbres, ne sont que de petites chutes de faible hauteur, qui n'interrompent même pas tout à fait la navigation sur ce fleuve.

Les chutes ou cataractes les plus importantes de l'univers, sont : la chute Victoria (moins remarquable par sa hauteur d'une centaine de pieds, que par la masse de ses eaux, et par sa colonne de vapeurs qui s'élève à près de 400 pieds, formée par le Zambèze, fleuve de l'Afrique méridionale, et qui, large d'environ 2800 pieds, se précipite dans une fissure de 75 à 80 pieds d'ouverture) ; et le Niagara (situé entre les lacs Erié et Ontario, au Canada, divisé par un îlot en deux cataractes très larges, hautes de 167 pieds). Dans la province de Québec, il y a deux chutes remarquables : la chute, haute de 302 pieds et d'un développement possible de 10 millions de ch.-v. (la puissance hydraulique possible du Niagara étant de 8 millions de chevaux-vapeur), du grand fleuve Hamilton, qui borne, au sud, le territoire d'Ungava (cette chute se trouve vis-à-vis l'extrémité ouest de l'île d'Anticosti, à 300 milles au nord), et la chute Montmorency, près de Québec, dont la hauteur est de 250 pieds. — Il convient de faire remarquer ici que la province de Québec, par le grand nombre

de ses rivières considérables *à cascades* et *à rapides*, l'emporte sur tous les pays, ou peu s'en faut, par l'énorme force hydraulique qu'elle peut développer pour les fins industrielles. Si d'autres contrées ont leur " houille noire " comme réserve puissante de force motrice, nous avons ici en abondance ce que l'on nomme pittoresquement la " houille blanche ", source inépuisable, et facile à mettre en œuvre, de pouvoir hydraulique. Il est donc aisé de prédire un avenir industriel de très grande importance à la province de Québec.

DEUXIÈME PARTIE

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE

Après avoir considéré, surtout suivant son apparence et ses variations de relief, la surface du globe terrestre, il est nécessaire d'étudier maintenant la croûte terrestre en elle-même. Il s'agit ici de savoir de quelles substances est composée l'écorce solide du globe, et dans quel ordre elles sont disposées les unes par rapport aux autres.

Il suffit de mentionner simplement le *sol arable*, c'est-à-dire la couche de terre qui recouvre ordinairement les endroits où s'établit l'homme civilisé. Quatre éléments constituent principalement le sol arable : l'argile, le calcaire, la silice et l'humus ; et, selon les proportions dans lesquelles ces éléments s'y trouvent réunis, il est plus ou moins propre à l'agriculture et à l'horticulture. Par les amendements et par les engrais, on en modifie la composition, et on lui fournit les substances nutritives dont il a besoin pour produire les récoltes d'herbes, de céréales, de légumes et de fruits qu'on lui demande. Les instruments aratoires, les engrais, les divers agents atmosphériques modifient continuellement la composition du sol arable. Aussi, la géologie, qu'intéresse seulement la constitution de l'écorce terrestre telle qu'elle est naturellement et en dehors du travail de l'homme, n'a pas à s'occuper du sol arable, dont l'étude relève uniquement de la science agricole et de ses diverses branches.

Chapitre I

LES ROCHES OU MATÉRIAUX QUI COMPOSENT L'ÉCORCE TERRESTRE

En dessous de la terre arable, où croissent les arbres et les autres végétaux, se trouvent les substances minérales qui constituent l'écorce du globe. Généralement, ces substances sont réunies en masses plus ou moins considérables, et superposées, en lits ou en couches distinctes, les unes par-dessus les autres. Ce sont ces substances minérales, existant dans la nature en amas importants, que l'on nomme *roches* en géologie. Par exemple, pour le géologue, le charbon, le granit, l'argile, même le sable, sont des " roches ".

Les minéraux que l'on rencontre le plus souvent dans la composition des roches, sont le *quartz*, le *feldspath*, le *mica*, l'*amphibole*, le *calcaire*, la *silice*, l'*argile*, le *carbone*, etc. Le description de ces espèces minérales appartient à la minéralogie.

D'après la manière dont elles se sont formées, on partage les roches en deux classes générales, qui existent en proportions presque équivalentes dans la constitution de la croûte terrestre. En effet, lorsque se solidifiait l'écorce de la Terre, la matière incandescente de l'intérieur a dû par ses bouillonnements s'ouvrir des passages à travers la couche résistante qui se formait et se figer çà et là en des sortes de buttes ou de mamelons, et même de vastes murailles. Les roches, qui sont venues ainsi de l'intérieur comme par " éruption ", sont dites ÉRUPTIVES (ou *ignées*, ou encore *plutoniennes*, du nom de Pluton, dont la mythologie a fait le dieu des enfers). D'autre part, il s'est fait au sein des eaux des dépôts considérables de matières minérales, et les roches qui se sont formées de la sorte sont dites SÉDIMENTAIRES (nom qui indique précisément leur mode de formation), et aussi *neptuniennes*, par allusion à Neptune, le dieu mythologique des eaux.

I. ROCHES ÉRUPTIVES. — Les roches éruptives sont sorties, du noyau central et incandescent du globe terrestre, sous forme de laves, fluides ou pâteuses, qui se sont épanchées à l'extérieur, et s'y sont figées lentement. Les

substances minérales qui les composaient ont pris, en se groupant sous l'influence des lois moléculaires, des formes régulières, dites *cristallines*. Et, de fait, les roches éruptives ne sont généralement qu'un amas de petits cristaux. Toutes sont des mélanges, en diverses proportions, de quelques-uns des quatre éléments : quartz, feldspath, mica, amphibole. Au point de vue chimique, ce sont des silicates, c'est-à-dire des combinaisons de l'acide silicique avec la chaux, la potasse, la soude, l'oxyde de fer, l'alumine, la magnésie, etc. — Les roches éruptives sont extrêmement résistables à la chaleur ; elles entrent difficilement en fusion même sous l'action des foyers les plus ardents.

Il est intéressant de se demander ici quels ont pu être les effets de ces poussées de la masse centrale en fusion à travers la croûte déjà solidifiée, sur une épaisseur plus ou moins considérable, du globe terrestre. — Ces jets de matières incandescentes, par leur seul contact avec les couches de l'écorce terrestre à travers lesquelles ils étaient lancés, les ont modifiées profondément au moins dans leur voisinage immédiat. C'est ainsi que, par l'action de la chaleur intense de ces jets, les calcaires avoisinants sont devenus des marbres, ou blancs, ou rayés de veines aux couleurs brillantes ; les sables se sont transformés en des grès compacts ; les micas et les amphiboles, se mêlant aux marnes feuilletées, ont produit les gneiss. Ces modifications diverses constituent ce qu'on nomme le " métamorphisme ", mot qui signifie changement. Il faut ajouter que les minerais sont sortis, avec les roches ignées, du noyau central, pour se déposer et se solidifier, en amas considérables dans de vastes crevasses, ou en veines dans les fissures de terrain, et qui sont les mines d'où l'on retire aujourd'hui les métaux précieux ou simplement utiles.

— Les principales espèces de roches éruptives sont les suivantes : les *granits*, les *gneiss*, les *micaschistes* [1], les

(1) Quelquefois on traite, en une section distincte dite des " Roches métamorphiques ", des granits, des gneiss et des micaschistes. Cependant, avec la généralité des auteurs, nous préférons rattacher ces substances minérales aux roches éruptives ou ignées, étant donné qu'après tout c'est bien par l'action du feu central qu'elles se sont cristallisées.

porphyres, les *diorites*, les *syénites*, les *laves*, les *trachytes*, les *basaltes*.

Les granits. — Le granit est la roche éruptive la plus ancienne. Il entre, pour une bonne partie, dans la formation des Alpes et des Pyrénées, en Europe, et des Laurentides en Canada. On connaît, entre autres, les beaux granits de la Rivière-à-Pierre, de Métabetchouan et de Chicoutimi, dans la province de Québec.

Fig. 2.—L'aspect du granit.

Le quartz (en grains vitreux et gris), le feldspath (en cristaux plus grands, blancs ou roses), et le mica (en paillettes noires ou argentées, brillantes), composent le granit.

Ces éléments, très serrés les uns contre les autres, font une roche très compacte et qui prend un beau poli, mais très dure à travailler. C'est dans certaines variétés de granit que les Egyptiens ont taillé des obélisques et des sphinx. Sous l'action de l'eau chargée de gaz carbonique le granit

Fig. 3. — Apparence du gneiss.

s'altère et se désagrège ; l'un de ses éléments, le feldspath, se décompose alors en matières solubles et en argile pure qui est le kaolin (donnant par la cuisson la porcelaine fine).

Les gneiss. — Cette roche se compose, comme le granit, de cristaux de quartz, de feldspath et de mica. Mais ces cristaux, disposés en lames ou en couches assez régulières, lui donnent un aspect feuilleté.

Les micaschistes. — Ces roches ne sont composées que de quartz et de mica, disposés en lits brillants, parallèles, et souvent recourbés de diverses façons. On trouve beaucoup le micaschiste en Bretagne, dans les Alpes et, chez nous, dans les Cantons de l'Est.

Fig. 4. — Porphyre.

Les porphyres. — Ces roches ont la même composition que le granit (quartz, mica, feldspath); mais elles sont remarquables par le fait que, au milieu de leur masse, formée de cristaux microscopiques, il se trouve de grands cristaux. La masse ou la pâte étant de teinte sombre, rouge ou verte, et les grands cristaux étant colorés de teintes claires, on comprend que cette roche, lorsqu'elle est polie, est très décorative. Aussi, dès l'antiquité, on l'a utilisée pour l'ornementation. Les Grecs se servaient pour leurs monuments du " porphyre vert ", qu'ils trouvaient près de Sparte ; et les Romains apportaient de l'Eypte le " porphyre rouge " qu'ils ont beaucoup employé. — Comme on constate que les porphyres existent en veines traversant le granit, on doit les regarder comme plus récents que lui.

Les diorites. — Mélange de feldspath et d'amphibole (silicate, de couleur verte, brune ou noire, cristallisant en aiguillettes fibreuses), les diorites sont des roches blanches et noires, qui abondent dans la province de Québec.

Les syénites. — Ces roches sont en réalité du granit où l'amphibole se trouve à la place du mica. Leur couleur rouge est due au feldspath qui entre dans leur composition. Leur nom lui-même vient de Syène, ville d'Egypte où elles se trouvent en quantité ; du reste, les Egyptiens les ont souvent utilisées pour les constructions.

Les laves. — On désigne par ce nom les substances minérales à l'état de fusion que les volcans projettent hors de leurs cratères. Ces matières, en se refroidissant lentement, prennent une structure compacte, au fond des courants ; mais à la surface, elles prennent plutôt une structure de scories ou poreuse. Les laves, au point de vue chimique, sont des silicates. Celles du Vésuve et de l'Etna sont noirâtres ; en d'autres volcans elles sont de couleur grise.

Les trachytes. — Ce sont des roches, âpres au toucher, de coloration tantôt blanchâtre, tantôt plus ou moins foncée, de consistance compacte — en apparence seulement : car sous le microscope on y voit une multitude de petits cristaux généralement allongés. Le Puy de Dôme, en France, et les volcans des Cordillères, en l'Amérique du Sud, sont de nature trachytique. De fait, les volcans rejetaient souvent, autrefois, de ces roches trachytiques — qui se rencontrent beaucoup dans la région montréalaise, en notre Province. La " pierre ponce ", substance légère, friable, à poussière dure, à coloration blanchâtre, jaunâtre ou verdâtre, utilisée pour le polissage, se rattache aux roches trachytiques.

Les basaltes. — Ces roches volcaniques, de couleur noirâtre ou grisâtre, sont divisées en colonnes régulières, de forme prismatique et ordinairement hexagonale. Pour expliquer comment les amas épais de laves ont pu, en se refroidissant avec une très grande lenteur, prendre cette forme de colonnes, on cite les plaques assez régulièrement divisées, et ressemblant à des tuiles de parquet, qui se produisent dans la couche vaseuse se desséchant lentement lorsque les eaux se retirent. Et de fait, un terrain formé d'une masse basaltique à colonnes verticales présente à sa surface extérieure cet aspect d'un parquet régulier. Les

colonnades basaltiques les plus fameuses sont celles de la grotte de Fingal (située dans l'une des îles Hébrides, près la côte occidentale d'Ecosse) : on voit là des colonnes régulières d'une hauteur de 45 pieds. Les basaltes existent aussi, parfois, comme en colonnes horizontalement empilées, en filons, ou même en masses isolées (ex., les monta-

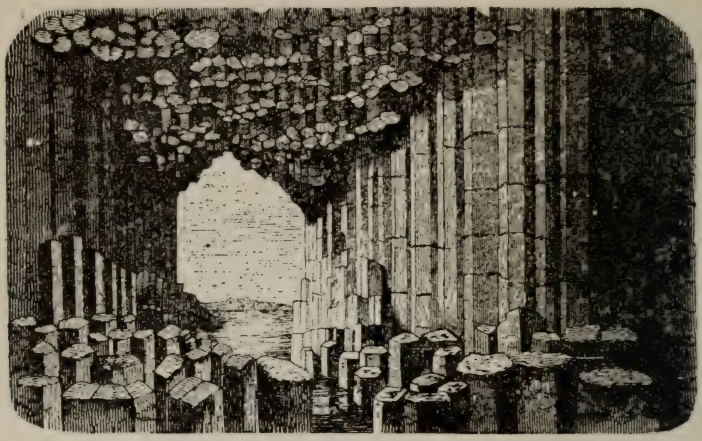


Fig. 5. — Les colonnes basaltiques de la grotte de Fingal.

gnes de Belœil, de Montréal). — La structure des basaltes est compacte. On trouve dans leur composition la labradorite, l'augite, des carbonates et silicates, du fer titané et beaucoup d'oxyde magnétique (ce qui explique la déviation que leur approche produit sur l'aiguille aimantée).

II. Roches sédimentaires. — Ainsi que l'indique leur nom, les roches sédimentaires proviennent des "sédiments" ou dépôts, qui se sont faits au fond des eaux, des matières qu'elles tenaient en suspension. Ces matières n'ont pu que se déposer en couches horizontales, parallèles, stratifiées ; et ces lits auraient toujours conservé cette position, s'il n'était survenu dans la suite des dislocations, des affaissements, etc., de la croûte terrestre, qui l'ont plus oumoins modifiée, ainsi que nous le verrons dans l'étude des terrains.

Les eaux, soit des mers, soit des cours d'eau de toutes sortes, démolissent, peu à peu et constamment, la partie

solide de l'écorce terrestre avec laquelle elles viennent en contact ; et ce sont les parcelles ainsi désagrégées qui, après un état plus ou moins prolongé de suspension dans l'élément liquide, sont descendues par leur poids au fond des eaux. La plus grande partie des sédiments, ou des couches formées par les dépôts, ont cette origine. On peut ajouter encore, à l'action désagrégeante des eaux, celle des agents atmosphériques divers, qui désagrègent aussi, sous certaines conditions, les terrains solides exposés à l'air : les eaux ruisselant sur le sol entraînent ces parcelles ou débris vers les grandes masses liquides, au fond desquelles elles se déposent aussi. On peut dire que les roches qui se sont formées de la sorte, c'est-à-dire par dépôt, ont une origine *mécanique*. — D'autres roches sédimentaires ont une origine *chimique*. Par exemple, le gypse, qui est un sulfate de chaux, a dû se former par la combinaison de gaz sulfureux avec des sels calcaires dissous dans les eaux ; de même le sel gemme, qui est un composé de chlore et de sodium (chlorure de sodium). — Enfin, il y a aussi des roches dont l'origine est *organique*, autrement dit : vitale. Et comme la vie se présente, dans l'univers, sous la forme " végétale " et la forme " animale ", on constate aussi qu'il y a des roches dont l'origine est végétale : par exemple le charbon et la tourbe (produits, le premier, par l'altératon lente de végétaux soumis, au fond des eaux, à l'action prolongée de bactéries ou de ferments particuliers ; et l'autre, par la décomposition de certaines plantes, au fond de terrains marécageux) ; et des roches dont l'origine est animale : par exemple la craie, qui se compose de coquilles de tout petits mollusques, et les récifs formés dans la mer par les coraux.

On partage ordinairement les roches sédimentaires en trois groupes distincts, selon les éléments dont elles se composent et qui sont du calcaire, de la silice, ou de l'argile. Si l'on ajoute, comme il convient, les roches salines et les roches combustibles, on a les 5 catégories de roches sédimentaires qui suivent : les roches *calcaires*, *siliceuses*, *argileuses*, *salines*, *combustibles*.

1° *Roches calcaires.* Formées de carbonate de calcium, les roches calcaires ont pour caractère distinctif de faire effervescence sous l'action des acides, c'est-à-dire de laisser alors se dégager des bulles de gaz carbonique. Il suffit d'une goutte de vinaigre pour produire ce phénomène. En outre, la chaleur les décompose, en faisant échapper aussi le gaz carbonique : ce qui reste est la chaux vive. Enfin, ces roches sont rayées par le couteau.

Les principales roches calcaires sont :

Les " marbres ", qui existent en quantité, mais généralement de qualité inférieure, dans le terrain laurentien, en Canada. Les marbres, parfois colorés par des matières étrangères, prennent un beau poli ; ceux de couleur blanche sont les plus précieux (marbres de Paros, de Carrare).

La " craie ", qui peut être blanche (blanc d'Espagne) ou colorée, est formée de débris microscopiques de mollusques, d'éponges, etc.

Le " calcaire grossier ", qui est la pierre à bâtir, abondante à Beauport et en d'autres localités du Canada.

Le " calcaire lithographique ", dont le grain est fin, et que l'on utilise pour la gravure sur pierre.

Les " marnes ", mélange de calcaire et d'argile en des proportions variables. (Saguenay, Anticosti, etc.)

2° *Roches siliceuses.* Comme l'indique bien leur nom, les roches siliceuses sont principalement formées de silice. Etant très dures, elles ne sont pas rayées par le couteau. Elles ne font pas effervescence, lorsqu'on les met en contact avec les acides. Enfin, elles font feu au briquet, ce qui signifie que, lorsqu'on les frappe avec un morceau de fer, les paillettes qui s'en détachent produisent des étincelles.

Voici quelles sont les principales roches siliceuses :

Le "quartz", qui n'est autre chose que la silice cristallisée.

Le " silex ", nommé aussi pierre à fusil, et qui est de couleur brune, grise ou noire.

Le " sable ", qui se compose de petits grains arrondis de quartz, et dont l'on se sert pour les mortiers et pour la fabrication du verre.

Le " grès ", formé de grains de sable unis ensemble par une pâte qui en fait une roche plus ou moins dure.

Le " poudingue ", masse résistante où la pâte rocheuse est entremêlée de petits cailloux arrondis. Lorsque ces petits cailloux sont plutôt anguleux, le poudingue se nomme " conglomérat ". Ces deux sortes de roches siliceuses se trouvent beaucoup dans la sorte de terrain dite groupe de Québec.

3° *Roches argileuses.* Des roches assez tendres pour se laisser rayer par l'ongle, qui ne font pas effervescence sous l'action des acides, et qui font pâte avec l'eau au point d'être imperméables : telles sont les roches argileuses. Formées de silicate d'alumine plus ou moins pur et hydraté, elles constituent ce qu'on nomme les terres glaises. Soumises à une forte chaleur, ces roches deviennent dures et prennent la couleur rouge : c'est la brique bien connue.

Les principales roches argileuses sont les suivantes :

L'" argile plastique ", qui tient son qualificatif de la propriété qu'elle a de se pétrir facilement. Généralement, elle contient des impuretés qui lui donnent des teintes jaunes, rouges ou vertes. La pâte qu'elle forme avec l'eau est utilisée en sculpture, pour la fabrication de la brique et celle des poteries et faïences.

Le " kaolin ", argile pure, que l'on trouve abondamment en France, en Chine, au Japon. La cuisson en fait de la porcelaine fine.

Les " schistes ", que l'on divise aisément en feuillets parallèles. L'ardoise est l'un de ces schistes ; à la propriété de se fendre facilement, elle joint celle d'une résistance assez grande.

La " marne ", composée d'argile et de calcaire, est de grand usage pour l'amendement des terres, auxquelles elle donne l'argile ou le calcaire qui leur manque. Par la cuisson de certaines marnes, on obtient de la chaux hydraulique (dont le ciment n'est qu'une variété), qui durcit rapidement dans l'eau, et que l'on utilise, à cause de cette propriété, pour la fabrication de mortiers employés dans la construction des ponts, des digues, etc.

— Il convient de faire observer ici que les trois sortes de roches, calcaires, siliceuses, argileuses, peuvent se combiner pour former des roches composées, ainsi qu'on a dû le remarquer dans les pages précédentes. On a vu, par exemple, que le *grès* est composé de grains de sable réunis ensemble par une pâte, calcaire ou non ; et que la *marne* est un mélange de calcaire et d'argile. En outre, ces trois sortes de roches se rencontrent si souvent dans la composition des roches que l'on trouve dans le sol, qu'on peut les considérer comme formant, pour ainsi dire, l'ossature de la croûte ou de l'écorce solide du globe terrestre.

4° *Roches salines.* Les roches salines peuvent se rayer à l'ongle, et elles sont solubles dans l'eau : tels sont leurs caractères distinctifs.

Le gypse, le sel gemme et les phosphates sont les principales roches salines.

Le " gypse " (sulfate de calcium hydraté) est généralement compact et blanc. Il est dit aussi " pierre à plâtre ", parce que, soumis à une chaleur modérée, il passe à l'état de matière blanche et pulvérulente, qui est le plâtre. Celui-ci, mélangé d'eau gommée, devient le stuc. Les usages du plâtre et du stuc sont assez connus.

Le " sel gemme " (chlorure de sodium) a la même composition chimique que le sel marin et sert aux mêmes usages. En divers pays, on trouve le sel gemme en amas considérables. Il est incolore quand il est pur ; et coloré diversement, quand il contient des matières étrangères.

Les " phosphates " (de calcium) ont grande importance au point de vue agricole, pour l'amendement des terrains cultivés. On en trouve de riches dépôts dans la région d'Ottawa.

5° *Roches combustibles.* Ces roches proviennent généralement de plantes qui, à l'abri de l'air, se sont lentement décomposées. Leur faculté de brûler tient au charbon qu'elles contiennent sous une forme ou sous une autre.

Les plus importantes de ces roches sont les suivantes :

La " tourbe ", formée par la décomposition de végétaux, qui sont surtout des mousses, et contenant de 50 à 60 pour

cent de charbon. Au fond des tourbières se trouve la tourbe noire, qui est la meilleure. Les tourbières sont nombreuses, mais encore peu exploitées, dans la province de Québec.

La " houille ", ou charbon de terre, qui contient de 75 à 90 pour cent de charbon. Son usage est connu, dans l'industrie et pour le chauffage des édifices. On en tire, par des procédés particuliers, le gaz d'éclairage, le goudron, le coke, les couleurs d'aniline. L'anthracite, charbon presque pur, est la variété qui donne la chaleur la plus intense. Les provinces canadiennes de l'Est et de l'Ouest sont riches en mines de charbon, au contraire de la province de Québec où l'on n'en saurait trouver à cause de la nature des terrains.

Le " graphite ", qui est du charbon à peu près pur ; c'est la " mine de plomb " utilisée pour la fabrication des crayons. On le trouve dans nos terrains laurentiens.

Le " pétrole ", huile minérale très employée pour l'éclairage, et aussi pour le chauffage des moteurs, qui existe abondamment dans le Caucase, et dans les États de New-York et de Pensylvanie. On le trouve dans la plupart des provinces du Canada ; mais c'est dans l'Ontario qu'on exploite davantage les puits à pétrole. Dans notre Province, il existe dans les comtés de Montmorency et du Lac-Saint-Jean, et surtout dans la Gaspésie.

Le " bitume ", nommé " asphalte " lorsqu'il est mêlé de calcaire. Il est très employé dans la confection des routes. Son gisement le plus considérable se trouve dans l'île de Trinidad. Il existe chez nous dans ce qu'on appelle le groupe de Québec et donne lieu, de temps en temps, à de prétendues découvertes de houille dans la province de Québec.

L'" ambre ", que les fumeurs connaissent bien : ce n'est que la résine de pin qui s'est fossilisée. C'est sur les bords de la mer Baltique que l'on en exploite les gisements. L'ambre contient parfois des insectes, dont les formes y ont été parfaitement conservées.

Chapitre II

LES TERRAINS

Ainsi que nous le verrons à la fin de cet ouvrage, l'histoire géologique, ou l'histoire de la formation du globe terrestre jusqu'à son état actuel, comprend des périodes successives, de durée plus ou moins longue, et pendant lesquelles — par suite de l'espèce de tranquillité où restait la croûte solide du globe, — les dépôts sédimentaires se formaient au fond des eaux. Ces périodes de repos, dites *époques géologiques*, ont été plusieurs fois, brusquement ou non, interrompues par des sortes de " révolutions géologiques ", accidents divers, glissements ou plissements, etc., des couches déjà formées, et qui ont modifié les reliefs de l'écorce terrestre. Mais, remettant à plus tard l'étude ou la revue sommaire de ce que l'on peut appeler la Géologie historique, nous avons seulement, en ce chapitre, à nous occuper " de façon générale " des TERRAINS (ou *étages*), c'est-à-dire de l'ensemble des *lits* (nommés aussi couches, strates) formés durant une même période ou époque géologique. En d'autres termes, alors que, dans le chapitre précédent, nous avons étudié les roches en elles-mêmes, quant à leur composition et à leur forme, dans celui-ci nous donnerons particulièrement notre attention au groupement ou à l'arrangement des roches d'une même période géologique, c'est-à-dire à l'étude générale des terrains.

Avant d'aller plus loin, il sera intéressant de se faire une idée, par l'examen de la vignette ci-contre, de la disposition (théorique) relative des roches et des terrains dans l'écorce terrestre. (Voir la légende explicative, au bas de la page 31.)

Pour traiter complètement de la matière de ce chapitre, nous parlerons successivement : 1°, de la disposition et de la structure des terrains ; 2°, des veines et des filons qui les traversent parfois ; 3°, des fossiles, c'est-à-dire des débris organiques, animaux et plantes, que l'on y trouve souvent.

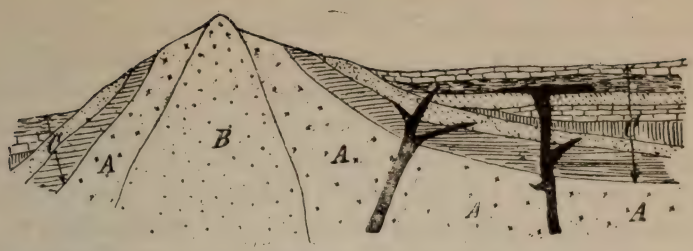


Fig. 6.—Arrangement (théorique) relatif des terrains et des roches dans l'écorce terrestre.

Art. I. — Disposition et structure des terrains

Si les matières minérales tenues en suspension dans les eaux avaient toujours été semblables, soit dans leur composition, soit dans leur quantité, les dépôts qu'elles auraient formés seraient de constitution identique dans toute leur masse. Mais le fait que ces dépôts ou sédiments sont " stratifiés " ou divisés par " strates " (lits ou couches) superposées, indique qu'il y a eu des variations dans la continuité ou la qualité de ces dépôts. Par exemple, s'il y a, dans un terrain, des lits de roches à gros éléments alternant avec des lits de roches à éléments fins, il faut admettre qu'il y a eu des alternances de courants marins violents, où seules les roches de plus forte pesanteur ont pu se déposer, et d'eaux tranquilles où même les sables pouvaient tomber au fond et s'y accumuler. D'autre part, puisque les strates ou lits, qui ont dû à l'origine être disposés parallèlement, sont devenus anguleux par endroits, ou contournés diversement, il faut en conclure qu'il s'est produit, par des causes variées, des cassures, des plissements, des soulèvements dans les terrains. L'étude de la con-

---

Fig. 6. — En A et B, on voit les *roches éruptives*, qui constituent la grande partie de la croûte terrestre (A, représentant les gneiss et les micaschistes ; B, un massif de granit). — En C, sont les *roches sédimentaires*. Les " traits noirs épais " sont des *filons*, dont il sera question ci-après.

dition des lits et des terrains permet donc de se faire, jusqu'à un certain point, une idée de l'histoire de la croûte terrestre, des variations et des transformations par lesquelles elle a passé dans la suite des siècles.

L'AGE DES TERRAINS. — D'abord, il est évident que les couches les plus profondes, dans les terrains stratifiés, sont les plus anciennes, sur lesquelles se sont déposées plus tard des couches qui leur sont maintenant superposées. En outre, une chaîne de montagnes doit être reconnue comme plus jeune, c'est-à-dire de formation plus récente, qu'une autre chaîne de montagnes, si elle possède plus de couches sédimentaires : en effet, s'il y a plus de ces assises sédimentaires superposées dans la coupe d'une montagne, cela indique que le soulèvement qui lui a donné naissance remonte à une époque relativement récente, où un plus grand nombre de ces couches de la croûte terrestre avaient eu le temps de se former. Par exemple, on reconnaît par là, pour l'Europe, que les Alpes sont plus jeunes que les Pyrénées, parce qu'elles ont plus d'assises sédimentaires que celles-ci. — Cette différence du nombre d'assises, d'une montagne à l'autre et dans une même région de la croûte terrestre, démontre que les soulèvements qui ont produit ces montagnes n'ont pas eu lieu à la même époque : autrement, le nombre des lits ou des assises serait le même pour l'une et pour l'autre. Et encore, cela soit dit de façon théorique : car, dans la réalité, si une montagne a un moindre nombre d'assises, cela peut résulter du fait qu'un certain nombre de ses lits ont été enlevés par l'action des divers agents atmosphériques, comme il sera dit plus loin.

Pour étudier le nombre, la nature et la disposition relative des couches de terrains, on profite des " coupes " produites, à travers ces assises, par les dislocations de la croûte terrestre, par l'action des cours d'eau, et même par le simple travail des mines. Et l'on arrive, par ces moyens, à se renseigner sur l'*âge relatif* des roches et des terrains qu'elles composent ; quant à leur *âge absolu*, c'est-à-dire à la " date " de leur formation dans l'histoire du globe terrestre, il est évident que nous ne pouvons disposer

d'aucunes données qui puissent permettre d'arriver à une précision quelconque en cette matière.

Pour connaître l'AGE RELATIF des terrains, c'est-à-dire l'antériorité, la contemporanéité ou la postériorité des terrains les uns par rapport aux autres, il y a : — 1°, comme il a été dit déjà, la " superposition " des lits successifs, dont les plus élevés sont évidemment les plus récents. On voit, par exemple, dans la vignette ci-jointe de la coupe d'un terrain, que la couche sédimentaire B s'est formée après la couche A ; la couche C après la couche B ; et que la masse éruptive E est plus récente que les couches A et B, puisqu'elle les a traversées toutes deux. Toutefois, ce moyen de la superposition des lits n'est pas suffisant à lui seul, soit parce que tel point d'une même couche de la croûte terrestre a pu être émergé, déjà, pendant que les points environnants, encore submergés, recevaient d'autres sédiments ; soit parce qu'il a pu arriver, comme cela a lieu encore actuellement, que certains fonds des océans ne recevaient aucun dépôt ; soit, enfin, parce que des lits déposés au fond des eaux ont pu disparaître par une cause quelconque. — Il y a, 2°, la " continuité " d'un même lit, bien que la composition puisse en être différente d'un endroit à l'autre. C'est ainsi qu'un sédiment de sable peut devenir, à certain point de son étendue, de composition argileuse. Toutefois, il est rare que l'on puisse profiter d'indications de ce genre, parce qu'il est exceptionnel que l'on soit en mesure de suivre bien longtemps, dans le sol, la continuation d'un même lit. — Il y a, 3°, et surtout, les " fossiles " [1], qui

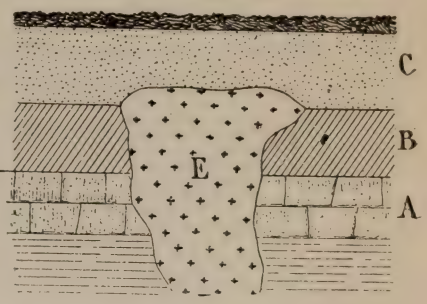


Fig. 7.—Age relatif des lits de terrains.

(1) Les *fossiles* sont les restes pétrifiés ou moulés d'animaux ou de végétaux, qu'on trouve dans certaines couches géologiques. Il sera traité des fossiles, ci-après, dans un article spécial.

peuvent fournir les renseignements les plus importants sur l'âge relatif des terrains. Etant donné, en effet, qu'une même assise de la croûte terrestre contient toujours les mêmes espèces animales et végétales, il est permis de conclure que deux couches sédimentaires, situées en des points éloignés du globe et où l'on trouve les mêmes espèces fossiles, sont contemporaines. Il y a lieu de faire observer, toutefois, qu'il faut surtout tenir compte, en cette matière, des fossiles pélagiques ou des océans, parce que, à une époque quelconque, ce sont les dépôts marins, et donc aussi leurs fossiles, qui se trouvent répartis le plus uniformément. Il convient d'ajouter, pour faire voir l'importance de l'étude des fossiles, que si tels fossiles, trouvés dans un dépôt sédimentaire, se rapprochent beaucoup de telles espèces vivant encore actuellement par exemple dans les lacs ou les fleuves, on pourra dire que ce dépôt est lacustre ou fluviatile.

La structure des lits. — La surface de certains lits des terrains suffit à faire connaître quelle a été leur origine, d'après les phénomènes qui se passent encore actuellement. C'est ainsi qu'il est facile de voir le travail des eaux sur les rivages ou sur les fonds, ainsi que l'action des vents sur les sables, dans ces rides ou ces ondulations que portent certaines couches sédimentaires, et dans ces fentes qui ont évidemment été causées par le desséchement des terrains. Ce n'est pas sans étonnement que l'on voit conservées, sur la surface de certains lits d'argile, jusqu'aux empreintes qu'y ont laissées de larges gouttes de pluie. Pour ce qui est de la structure intérieure des lits, elle dépend de la nature des substances minérales qui les constituent. Elle est donc parfois compacte, parfois schisteuse ou feuilletée, etc.

La concordance ou la discordance des lits. — Par la vignette ci-jointe, on peut se faire une idée de ce que l'on entend par stratification concordante ou discordante. Les lits de la couche supérieure, dans le groupe de droite et le groupe de gauche, ont évidemment une disposition parallèle et ont été déposés en même temps, bien qu'il se soit produit entre eux une vallée creusée par les eaux couran-

tes : ils sont donc *concordants* entre eux. Quant aux lits

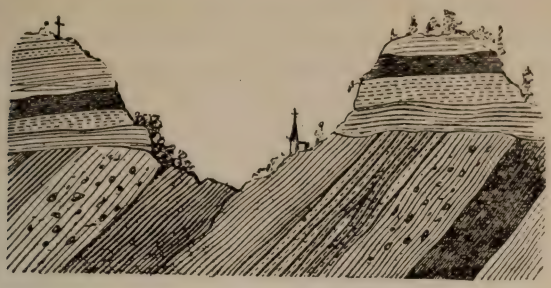


Fig. 8. — Lits *concordants* (séparés par une vallée) reposant sur des lits *discordants*.

obliques du terrain inférieur, ils sont aussi *concordants* entre eux ; mais, après avoir été déposés parallèlement et horizontalement, quelque bouleversement du sol les a soulevés et les a laissés dans la position oblique. Alors s'est fait, sur leurs extrémités, le dépôt des lits supérieurs horizontaux, par rapport auxquels ils sont en stratification *discordante*, c'est-à-dire non parallèle.

Les plissements des lits. — Après avoir été formés ou déposés horizontalement, la plupart des lits ont été ensuite soulevés de diverses façons par les bouleversements qui se

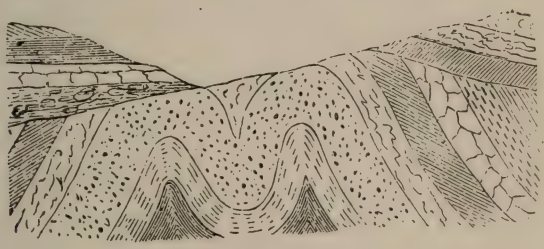


Fig. 9. — Plissement des lits.

sont produits dans l'écorce terrestre, et sont restés dans la position tourmentée où ils ont été laissés. C'est pourquoi on les trouve aujourd'hui plissés, pliés et contournés de diverses manières.

Les dislocations. — Les dislocations, ou ruptures, des terrains se sont produites sous l'action des soulèvements et des plissements des couches terrestres, et ont donné lieu à la formation des montagnes. On peut reconnaître, par le nombre varié des lits sédimentaires qui ont été dérangés de la sorte, que ces dislocations ont eu lieu à des époques diverses. En outre, lorsque l'une de ces ruptures a été ac-

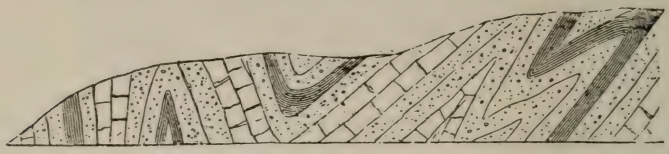


Fig. 10. — Exemples de dislocation du sol.

compagnée de plusieurs lignes parallèles de dislocation, dans une même région, il en est résulté des groupes de montagnes, contemporaines et parallèles, que l'on nomme " systèmes de soulèvement ". Enfin, on peut encore observer que plus les montagnes ou les élévations du sol sont de formation récente, plus leur hauteur est considérable. Cela est dû à ce que, plus ces dislocations se sont produites à une date récente, plus les couches sédimentaires qui se sont soulevées avaient eu le temps, auparavant, de s'épaissir ; et, d'autre part, à ce que les hauteurs produites plus anciennement avaient subi depuis plus longtemps l'action des érosions ou des dénudations.

Les dénudations. — La vignette 11, ci-jointe, qui représente une coupe de terrain, à Lévis, partant du fleuve et se dirigeant vers le sud, sur une distance d'un mille ou deux, fait bien comprendre les effets de la dénudation ou érosion des lits de terrain. Les lignes pointillées, en effet, représentent la continuation, telle qu'elle a dû exister d'abord, des lits qui furent soulevés et contournés à une époque ancienne. Mais les eaux ou les

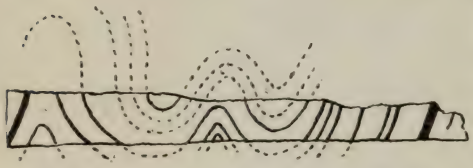


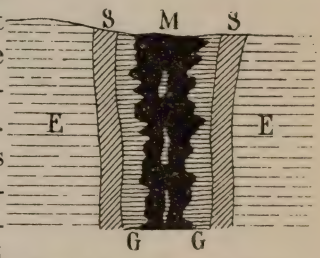
Fig. 11. — Coupe du sol, montrant le travail d'érosion.

agents atmosphériques divers ont " dénudé ", rongé à la longue la partie supérieure et contournée des lits ; et l'on voit, dans la moitié inférieure de la vignette, ce qu'il en reste, à savoir des lits tronqués et presque verticaux.

Les horizons géologiques. — On désigne par cette appellation, en géologie, des lits ou des couches nettement caractérisés par la présence de telles roches ou de tels fossiles qui leur sont tellement particuliers, qu'on ne les trouve, en d'autres points du globe, qu'en des lits ou des couches qui soient exactement du même âge. Ce que nous avons dit plus haut (page 33) de l'âge relatif des terrains peut aider à se rendre compte de la manière dont on se sert, par exemple, de l'étude des fossiles d'un terrain, pour établir le classement des lits géologiques à ce point de vue. C'est principalement à la connaissance des fossiles que l'on a recours pour cet objet. Aussi, ordinairement, on désigne un horizon par le fossile le plus important qui s'y trouve. On dira, par exemple : " horizon à trilobites ".

Art. 2. — Veines et filons

Il est arrivé plus ou moins souvent que la croûte terrestre, soit par l'effet du refroidissement, soit par suite de dislocation ou de bouleversements quelconques des terrains, s'est " fendillée " en divers endroits et sur une profondeur plus ou moins grande. Les " fentes " ou fissures qui en ont résulté peuvent avoir une " puissance ", c'est-à-dire une largeur de quelques lignes seulement ou de centaines de pieds. Elles ont été remplies soit par des roches éruptives, soit par des substances minérales venues de la surface, qui se sont moulées, pour ainsi dire, sur ces ouvertures, et dont



Fig, 12. — Coupe d'un filon métallifère.

Fig. 12. — E, épontes (ou parois). — S, salbande (couche argileuse). — G, gangue (matière pierreuse). — M, minerai.

la masse est ce que l'on nomme : *veine* ou *filon*, et *dyke*. On donne ce nom particulier de " dyke " aux fissures qui ont été ainsi remplies par des matières fondues montées de l'intérieur. — Les veines ou les filons ont généralement une direction presque verticale, et peuvent être d'une profondeur telle qu'on ne saurait la constater. — Il y a des veines qui ont été produites par une sorte de compression ; elles sont étroites, souvent nombreuses dans une roche, et remplies par les dépôts de diverses solutions minérales. Ces veines sont généralement sans grande importance, parce qu'il ne s'y trouve guère de minerais de valeur. — Il n'en est pas ainsi des veines dites *de fracture*, et qui ont été produites par des cassures plus ou moins profondes de la croûte terrestre. C'est dans celles-là, qui se sont remplies de roches venues de l'intérieur, que l'on trouve les minerais utiles. Ce minerai est entouré ou mêlé de certains minéraux, quartz, barytine, fluorine ou calcaire, qui forment ce qu'on nomme la *gangue*. — Quand la veine contient ainsi des minerais, c'est-à-dire des substances minérales renfermant des métaux, on les nomme plus particulièrement FILONS. Il est évident que tout filon métallifère ne constitue pas une mine riche ou seulement exploitable. Car il y a des filons qui ne contiennent qu'une proportion métallique trop faible pour être exploitée avec profit. D'autres fois, un filon sera assez riche par la quantité de métal qui s'y trouve : mais, à cause de sa direction dans le sol, à raison aussi des circonstances de terrain, d'éloignement des régions habitées, etc., l'exploitation n'en saurait être rémunératrice. Il peut encore arriver qu'un filon, qui paraît d'une certaine valeur métallique à sa partie supérieure, devienne de moins en moins riche à mesure qu'il s'enfonce dans les couches de terrain. Ces considérations suffisent à montrer qu'il convient d'user de prudence dans les entreprises d'exploitation des mines.

Art. 3. — Étude des fossiles

On nomme *fossiles* des débris ou des moulages d'animaux

et de plantes qui ont été conservés dans les couches géologiques formées dans les époques antérieures à la nôtre. L'étude de ces restes forme une branche spéciale de la Géologie, et se nomme PALÉONTOLOGIE. Le géologue attache beaucoup d'importance à l'étude des fossiles, parce que, — étant donné que les *genres*, sinon toujours les *espèces*, des animaux et des plantes sont les mêmes pour une même période géologique, — il y trouve des données qui lui permettent de connaître l'âge relatif des terrains.

Il n'y a pas de fossiles dans les assises ignées, parce que la chaleur intense à laquelle ont été soumis ces terrains a détruit toute trace des organismes vivants.

De même, les animaux et les plantes qui sont restés exposés à l'air ont subi les effets de la putréfaction, et se sont décomposés plus ou moins rapidement et sans laisser de traces. La condition la plus favorable pour la fossilisation des débris organiques a donc été leur enfouissement dans les sédiments qui se sont formés au fond des eaux. Même les animaux terrestres et les végétaux, surtout ligneux, ont pu être entraînés par les fleuves et les rivières dans les lacs et les océans, et y subir la fossilisation, comme les organismes aquatiques.

Cette *fossilisation* elle-même s'est produite de bien des manières. — Par la simple congélation, des mammouths (grands éléphants de l'Europe, de la Sibérie et de l'Amérique du Nord, dont l'espèce est éteinte, et dont les défenses recourbées atteignaient une longueur de 15 pieds) se sont conservés au complet, avec leur chair et leur peau. — Fréquemment, il s'est opéré chez les végétaux une véritable " carbonisation ", qui a consisté dans leur appauvrissement d'oxygène et leur accumulation de carbone, et qui a produit la tourbe, la houille, l'anthracite, qui jouent un si grand rôle dans l'économie de la vie moderne. — L'enfouissement assez récent dans les sédiments du fond des eaux a permis la conservation même du calcaire qui constituait les coquilles de mollusques et les coraux à l'état de vie. Il y en a un bel exemple dans le banc de petits coquilles qui existe à la Pointe-aux-Trembles (Portneuf), à un demi-

mille du fleuve et à la hauteur d'une centaine de pieds au-dessus du niveau de l'eau. La matière même de ces coquilles, très friable assurément, s'est parfaitement conservée, et les volailles de la région font leur profit de ces ressources paléontologiques. — Souvent, la substance primitive de l'animal ou de la plante a été remplacée, pour ainsi dire, molécule à molécule, par une matière minérale quelconque, provenant du terrain avoisinant, et il en est résulté une véritable pétrification. C'est le cas des trilobites que l'on trouve, par exemple, au cap Tourmente, dans la province de Québec. Des troncs de palmier, convertis de la sorte en silice, ont conservé si bien toute la délicatesse de leur structure, qu'on peut l'étudier encore même au microscope. — Enfin, il y a, dans certaines roches, jusqu'à des traces laissées par des gouttes de pluie, ou par la patte d'un oiseau. Et encore, qui croirait que même des objets aussi fragiles et aussi délicats que des feuilles de fougère aient pu laisser leur empreinte sur des matières solides ? Et pourtant, on trouve des empreintes de cette sorte dans les blocs de charbon.

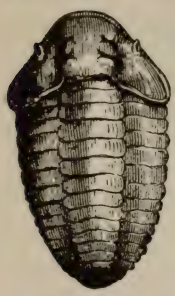


Fig. 13. — Trilobite.

Fig. 14.—Empreintes de gouttes de pluie et d'une patte d'oiseau.

Un fait remarquable, c'est que les espèces animales et les espèces végétales trouvées à l'état fossile, et qui n'existent plus aujourd'hui à l'état vivant, sont venues se ranger comme à leur place dans les classifications établies de nos jours pour l'étude du règne animal et du règne végétal.

On a pu connaître par les fossiles la taille colossale qu'at-

teignaient, ainsi qu'il sera dit plus loin, certaines plantes et certains animaux des âges primitifs.

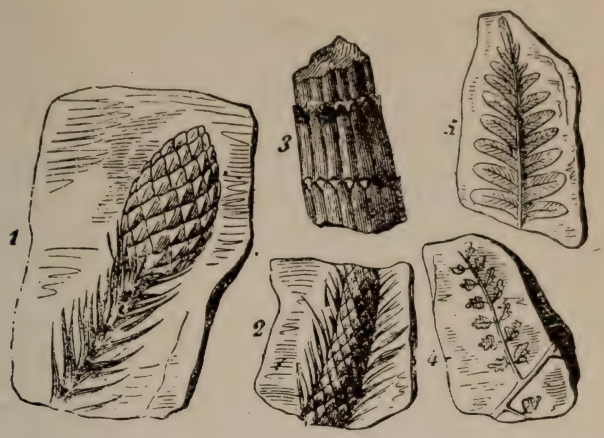


Fig. 15. — Empreintes de végétaux de la houille.

Il est intéressant de faire l'observation que, en vertu du principe de la " corrélation des formes ", il a été possible de reconstituer, quant à la taille, aux formes et aux attitudes, telle espèce animale des premiers âges, dont l'on n'a pu retrouver que peu de débris, quelques dents ou quelques vertèbres. Ainsi du mégalosaure, ce lézard de près de 70 pieds, on possède seulement quelques débris, qui ont pourtant suffi pour faire connaître l'animal gigantesque tel qu'il a dû exister. C'est Cuvier, illustre savant français, qui a fait les premiers travaux de reconstitution des grands animaux des temps géologiques. " Tout être organisé, a-t-il dit lui-même, forme un ensemble dont les parties se correspondent mutuellement et concourent à la même action définitive par une action réciproque. Aucune de ces parties ne peut changer sans que les autres changent aussi ; et par conséquent chacune d'elles, prise séparément, indique et donne toutes les autres. Si les intestins d'un

Fig. 15. — 1, Conifère. — 2, Lépidodendron. — 3, Calamite. — 4, 5, Fougères.

animal sont organisés de manière à ne digérer que de la chair et de la chair récente, il faut aussi que ses mâchoires soient construites pour dévorer une proie ; ses griffes, pour la saisir et la déchirer ; ses dents, pour la couper et la diviser ; le système entier de ses organes de mouvement, pour la poursuivre et pour l'atteindre ; ses organes des sens, pour l'apercevoir de loin ". On comprend par là ce que signifie ce principe de la corrélation des formes, " au moyen duquel, dit un auteur, chaque espèce pourrait, à la rigueur, être reconnue par l'examen seul d'un fragment quelconque ".

———

TROISIÈME PARTIE

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

On nomme " Géologie dynamique [1] " l'étude des *Forces actuelles*, des forces qui agissent, à notre époque, sur le globe terrestre ; ou encore l'étude des *Phénomènes actuels*, des phénomènes qui, sous l'action de ces forces diverses, s'accomplissent, à notre époque, sur le globe terrestre.

Cette étude est d'une importance considérable dans la science de la Géologie, qui est " l'histoire de la Terre ". Nous avons d'abord, comme on se le rappelle, étudié la surface extérieure du globe (Géologie physiographique) ; en second lieu, nous avons exposé la composition et la structure de l'écorce du globe (Géologie lithologique). Avant d'arriver à établir l'Histoire de la Terre, c'est-à-dire, avant de rechercher quelles ont été l'action des forces et la série des phénomènes qui ont pu amener le globe terrestre à son état présent, il reste à examiner quelles sont les forces qui agissent actuellement sur la Terre et quels sont les phénomènes qui résultent de cette action. Car, on admet aujourd'hui comme très probable l'hypothèse que *les forces qui agissaient sur le globe et les phénomènes qu'elles produisaient, dans les périodes géologiques, étaient absolument identiques aux forces et aux phénomènes de l'époque actuelle.*

Après cette étude des forces et des phénomènes d'aujourd'hui, nous serons en mesure d'entreprendre l'histoire proprement dite du globe terrestre et des événements par lesquels il a passé pour arriver à son état présent.

---

(1) Du grec, *dunamis*, force.

Pour faire cette étude des forces et des phénomènes d'aujourd'hui, nous nous occuperons successivement des points suivants : les *organismes vivants*, l'*air*, l'*eau*, le *froid* et la *chaleur*, qui feront l'objet d'autant de chapitres.

Chapitre I

LES ORGANISMES VIVANTS

Les organismes vivants, c'est-à-dire les animaux et les plantes, ont exercé et exercent encore une influence considérable sur la transformation graduelle et lente de la croûte terrestre, et concourent même à la formation de certaines couches de terrains.

I.— Cette action des organismes peut n'être qu'INDIRECTE. C'est ainsi, par exemple, que les matières organiques produisent, en se décomposant, des " carbures d'hydrogène ", lesquels désoxydent (c'-à-d. privent de leur oxygène) les sels minéraux qu'ils peuvent atteindre, et donnent lieu à la formation de minerais métalliques.— Par exemple, encore, lorsque des corps organiques contenant du soufre se décomposent, ils dégagent de l'hydrogène sulfuré, lequel, facilement soluble, charge les eaux souterraines qu'il atteint, et en fait des eaux sulfureuses. — Les plantes vertes qui vivent dans l'eau lui enlèvent, par l'activité de leur propre vie, l'acide carbonique qu'elle contenait : dès lors, les calcaires, ne pouvant plus rester dissous dans une eau ainsi privée d'acide carbonique, " se précipitent " (se déposent), et ces eaux deviennent " incrustantes ".—Voici des fleuves enlevant à leurs rives des arbres, qui finissent par s'enfoncer dans l'eau, s'arrêtent sur quelque obstacle, et s'accumulent à la longue pour former de véritables îles. La rivière Rouge, affluent du Mississipi, contient une île, longue d'une cinquantaine de lieues, qui s'est établie de

la sorte.— Les oiseaux de mer sont parfois assez nombreux sur certains îlots pour y former, par l'entassement de leurs déjections, des dépôts, nommés *guano*, d'une épaisseur considérable, et qui constituent un engrais de grande valeur.— Mais les formations d'origine végétale de beaucoup les plus considérables sont, assurément, celles de la houille et de la tourbe. Et d'abord, la HOUILLE est le charbon qui reste en excès, lorsque des végétaux enfouis à l'abri de l'air se sont décomposés lentement à travers beaucoup de siècles et ont laissé se dégager, à l'état d'ammoniaque, de carbures d'hydrogène et de vapeur d'eau, les gaz qui (avec le carbone) les composaient. Après ces dégagments de gaz divers, il est resté du carbone isolé, qui est la houille et, s'il est plus pur, l'anthracite. L'un des carbures d'hydrogène qui restent encore dans la houille, est le *grisou*, le gaz si dangereux qui se dégage spontanément ; par le dégagement " industriel " de ces carbures, on obtient le *gaz d'éclairage*. Quant à la TOURBE, elle a pour origine la décomposition

Fig. 16. — Sphaignes (mousse qui se transforme en tourbe).

très lente, et à l'abri de l'air, de certaines mousses, qui sont surtout celles que l'on nomme *sphaignes*. Ces mousses s'accroissent indéfiniment par le haut et meurent par le bas.

Ces parties inférieures, hors du contact de l'air, se carbonisent à la longue et forment la tourbe, cette matière spongieuse et noirâtre, où il y a environ 60 pour cent de charbon. C'est au fond, évidemment, que se trouve la tourbe la plus compacte et la plus riche en pouvoir calorique. Suivant les calculs, il peut se former jusqu'à une dizaine de pieds de tourbe par siècle. On sait que le Canada, et en particulier la province de Québec, renferment des tourbières nombreuses et étendues.

II.—Mais il y a aussi, et surtout, l'action DIRECTE des organismes vivants, et c'est de celle-là, qui est bien plus considérable et importante, qu'il convient de traiter un peu longuement.

1° Les organismes de nature animale

Les organismes de nature animale qui concourent à la formation de nouveaux lits de terrains, sont des êtres microscopiques, ou du moins d'une taille très petite, qui sont au bas de l'échelle zoologique, n'ont pas d'organes, et ne manifestent leur vie que par l'exercice des fonctions du mouvement et de la nutrition. Ces animalcules sont les Foraminifères, les Radiolaires et les Coraux.

1° *Foraminifères.*— Ces animalcules ont une coquille " calcaire " criblée de trous à travers lesquels sortent des filaments " pêcheurs ", à l'aide desquels ils recherchent des particules alimentaires. Ils vivent en suspension dans les eaux de tous les océans. A mesure qu'ils meurent, leurs carapaces descendent au fond de l'eau, et s'y accumulent sous forme de boue calcaire. Cette boue se consolide et devient une véritable couche sédimentaire — que l'on trouve en des profondeurs variant de 1500 à 15,000 pieds.

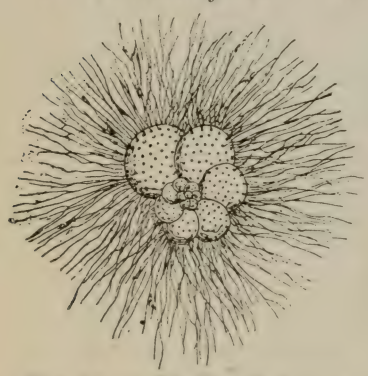


Fig. 17. — Un Foraminifère.

2° *Radiolaires.*— Autres animalcules pourvus de filaments, et dont le squelette est siliceux. Ils flottent aussi dans les eaux de la mer. Quand ils meurent, leurs coquilles " siliceuses " tombent au fond de l'eau, à toutes les profondeurs, et forment des boues siliceuses, qui en se tassant constituent des lits sédimentaires.

3° *Coraux.*— On nomme coraux des animalcules de forme cylindrique, dont la taille ne dépasse pas quelques millimètres, et qui vivent en colonie, fixés sur un squelette calcaire qu'ils fabriquent eux-mêmes et que l'on nomme " polypier ".

Chaque animalcule, ou polype, est comme un petit sac, pourvu d'une seule ouverture qui sert de bouche et qui est

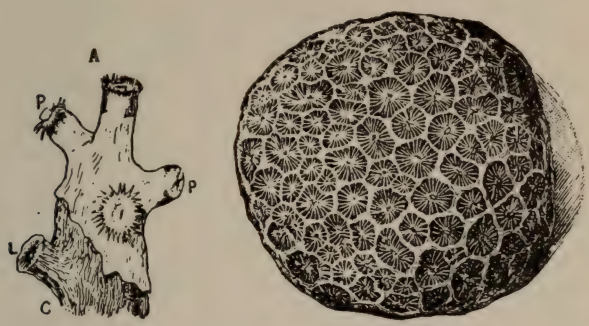


Fig. 18. — Coraux ou Polypiers.

entourée de 8 tentacules. La cavité digestive de chacun des individus, ou polypes, communique par des canaux particuliers avec les cavités digestives des autres polypes de la même colonie. Ces animalcules sécrètent, à l'aide du calcaire dissous dans l'eau, une paroi résistante, qui, par le

---

Fig. 18. — A, branche de corail, p, polype étalé ; p', polype contracté ; c, partie morte du polypier, c'-à-d. ne contenant plus d'individus vivants ; 1, logette où vivait un polype. — A droite, polypier (ou corail) du genre Madrépore.

travail commun, devient un amas calcaire affectant diverses formes : celles de masses sphériques (madrépores), ar-

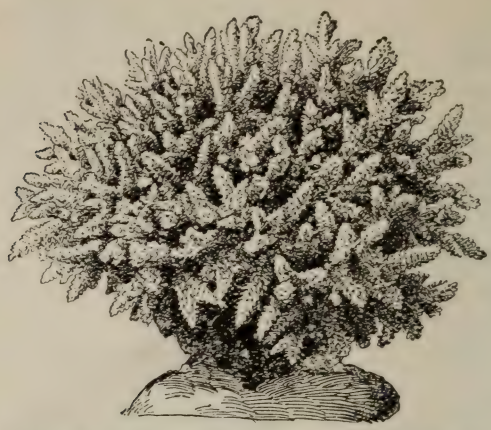


Fig. 19. — Corail du genre Madrépore, à forme arborescente.

borescentes (coraux proprement dits), etc. Ces masses produisent sans cesse des sortes de bourgeons, qui sont des membres nouveaux de la colonie et dont le travail accroît le " polypier ", qui est son squelette ou support calcaire. On conçoit quels amas de substance dure produisent à la longue, sur tous les points où se trouvent ces sortes de colonies, ces multitudes de petits êtres à travail commun. Ces massifs calcaires ont quelquefois un diamètre de plus de 15 pieds et constituent les récifs " coralliens " ou " madréporiques ". C'est en hauteur que ces massifs croissent le plus lentement : cet accroissement n'est guère que de 20 centimètres par année et s'arrête dès qu'il a atteint le niveau des marées basses. Le travail ne se continue plus, ensuite, que sur les côtés, et principalement du côté où l'eau est la plus agitée et donc la mieux aérée. Les polypiers, en même temps, meurent par le bas ; mais la masse, à laquelle se soudent les débris, devient comme imprégnée d'un ciment calcaire, et acquiert ainsi de la dureté.— Il est à remarquer que les polypiers ne peuvent exister et vivre qu'à une profondeur d'au plus 40 mètres, à une température de surface

de plus de 20° cent., dans une eau très pure, et en outre assez agitée pour apporter constamment aux polypes la nourriture qui leur convient.— A la fin, l'amas ou récif meurt ; des débris divers s'y arrêtent et se fixent ; la végétation s'y développe, et une île corallienne en résulte. C'est en Océanie que ces sortes d'îles existent surtout ; dans notre hémisphère, l'archipel corallien des Bermudes en offre un exemple.— On donne le nom d'*atolls* à des espèces de

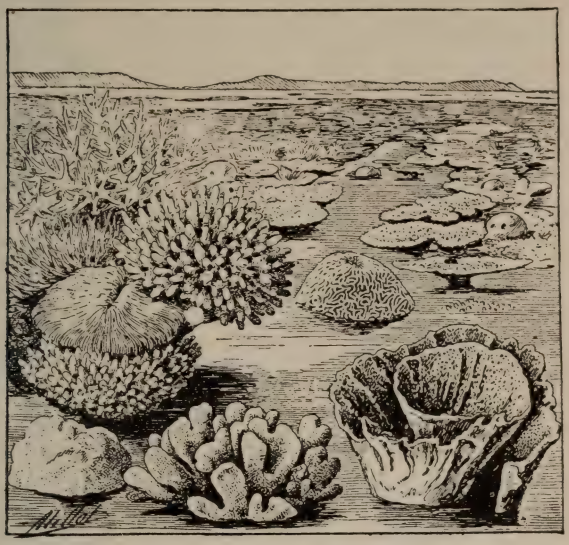


Fig. 20. — Un paysage à marée basse, où l'on voit, sur place, des coraux de plusieurs sortes.

couronnes d'îlots ou de récifs coralliens qui entourent une lagune intérieure, nommée " lagon ", et où l'on pense que le travail des coraux s'est arrêté à cause du calme des eaux. — Pour juger de l'importance de l'activité des coraux, il suffit de dire que l'on trouve dans le sol des couches très épaisses de formation presque entièrement corallienne.

2° Les organismes de nature végétale

Fig. 21. — Diatomée (grossie 800 fois.)

Pour ce qui est des végétaux, il n'y a guère que les *diatomées* qui exercent une action directe sur la formation des terrains.

Les diatomées sont des algues microscopiques, dont la membrane ou carapace se forme au moyen de la silice dissoute dans les eaux. Quand ces petites plantes meurent, leurs carapaces descendent au fond de l'eau et, par leur accumulation, elles y forment une roche siliceuse très fine, pulvérulente, nommée " tripoli ". On se sert du tripoli pour polir les métaux. On comprendra l'importance du travail des diatomées par le fait qu'il se trouve, dans la Bohême, des dépôts d'une épaisseur de plus de 30 pieds, formés par des carapaces de diatomées.

Chapitre II

L'AIR

L'atmosphère, ou la couche d'air, qui entoure la Terre, lui sert d'enveloppe protectrice contre la déperdition de la chaleur nécessaire ; du reste, l'air est constamment réchauffé par les rayons du soleil.— L'homme a pu s'élever dans l'air jusqu'à une trentaine de mille pieds ; au delà de cette hauteur, l'oxygène est trop raréfié pour qu'il puisse y vivre. Toutefois, on a réussi à faire monter des ballons-sondes jusqu'à une altitude d'environ 55,000 pieds, et l'on a pu de la sorte étudier quelle est la composition de l'air à ces hauteurs. Ce qu'on ignore encore, c'est l'épaisseur totale de l'atmosphère.

L'air peut exercer sur les roches, d'abord, une action CHIMIQUE, en les décomposant. Mais on sait encore peu de chose de la manière dont s'exerce cette action. Le changement de couleur est l'un des phénomènes que subissent les roches au contact de l'air, et celui que l'on peut constater le plus facilement.

Ensuite, et principalement, l'air peut exercer une action MÉCANIQUE et causer de la sorte, à la surface des terrains, des modifications profondes. Cette action mécanique résulte des mouvements de l'air qui constituent le VENT. C'est de sa vitesse que dépend la puissance effective du vent. On dit qu'il y a une *tempête* quand il est d'environ 70 pieds à la seconde, et un *ouragan* lorsqu'il attent la vélocité d'environ 100 pieds à la seconde. S'il arrive qu'il souffle à la vitesse de 125 pieds par seconde, ses effets peuvent être terribles. On cite le fait d'un palmier, dont la tige avait un pied et demi de diamètre et fut coupée net par une planche de sapin projetée contre elle au cours d'un ouragan qui eut lieu à la Guadeloupe, en 1825. Les *cyclones* et les *trombes*, où la vitesse formidable des vents est jointe à des mouvements tourbillonnants, sont des phénomènes auxquels rien ne résiste, ni les navires, ni les constructions, ni les plus gros arbres.

L'*origine* du vent est dans les différences de température qui se produisent constamment dans l'atmosphère. Voici, par exemple, telle région exposée au soleil du midi : l'air s'y échauffe, et, devenu plus léger à mesure qu'il se dilate, il s'élève en laissant une sorte de vide à sa place ; pour combler ce vide relatif, pour rétablir l'équilibre entre cette portion de l'atmosphère et les régions où l'air est resté froid et plus compact, il s'établit aussitôt des courants atmosphériques, qui sont les vents.

Les *effets* des vents ordinaires sont l'érosion et l'édification du sol.— 1°, Les vents enlèvent facilement les parties les moins résistantes du sol et les transporte au loin : c'est en cela que consiste le phénomène d'ÉROSION. C'est ordinairement le sable sec qui est ainsi enlevé par le vent ; et quand il est projeté de la sorte et d'une façon continue, il

peut user et polir les roches qui en subissent le frottement.

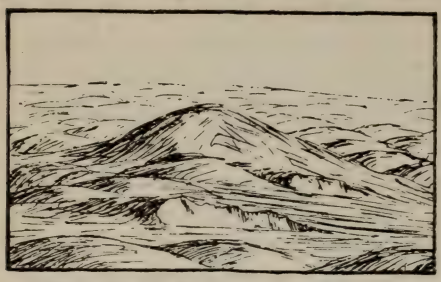


Fig. 22. — Dunes du Sahara.

2°, Les sables et autres matières emportées par le vent sont parfois arrêtés par un obstacle quelconque et s'accumulent de diverses façons. Soit dans les déserts, soit sur les plages, la surface du sable prend souvent l'aspect de rides, de flots ou de vagues qui se solidifieraient et garderaient leurs formes. — Mais ce sont les *dunes* qui sont le phénomène le plus important que le vent puisse produire sur le relief des terrains.

Les dunes.— On donne le nom de dunes à des collines de sable qui, soit sur les rivages, soit dans les déserts, tendent à s'étendre dans la direction des vents dominants.

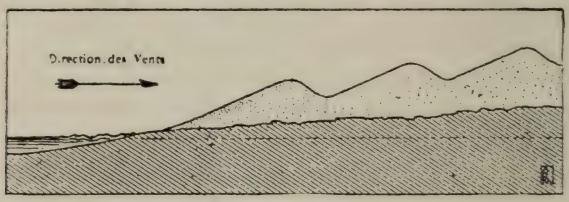


Fig. 23. — Dunes maritimes.

Les dunes du bord de la mer, en particulier, menacent toujours l'intérieur des terres, par l'apport continuel du sable soulevé par le vent. La formation des bancs de neige, durant nos hivers canadiens, peut nous donner une idée de la formation des dunes, de leur accroissement et de leur progression sur le sol. On cite les dunes de Gascogne (France) qui s'avançaient autrefois de 60 à 75 pieds par année, et qui ont enseveli une église et un village. Dans notre Province, on peut juger du travail des sables poussés par le vent : sur les côtes de Natashquan, de Tadoussac, de la pointe aux Alouettes (Baie Sainte-Catherine), et surtout

sur la rive nord-est du lac Saint-Jean, où il y a des dunes hautes d'une centaine de pieds. Quant aux dunes qui se forment dans les déserts, comme au Sahara, où il y en a de grands massifs, elles atteignent parfois des hauteurs de 1000 à 1200 pieds.

Dans certains pays, notamment en France, on a jugé utile de fixer les dunes, c'est-à-dire d'arrêter leur marche vers l'intérieur des terres. Pour obtenir cet effet, on a commencé par y semer des plantes appropriées aux terrains siliceux et dont les racines immobilisent les grains de sable ; puis, sur le sol ainsi fixé, on a planté des pins à croissance rapide et qui, outre qu'ils brisent l'effort des vents, sont aussi une source de richesse par le bois et la résine qu'ils fournissent.

Chapitre III

L'EAU

Nous pourrions résumer d'avance tout ce chapitre, où il sera question du rôle de l'eau dans la nature, en disant de façon générale que l'eau, en ses divers états—solide, liquide ou de vapeur—exerce un *rôle de nivellement.* Elle tend sans cesse, par son travail, à détruire, à démolir, à abaisser tout ce qui est élevé à la surface de la terre ; et, d'autre part, à combler, par les débris qu'elle entraîne, tout ce qui s'y trouve de creux et de dépressions. On peut donc dire que, si aucun obstacle ne contrecarrait son travail lent mais constant, l'eau finirait par faire de notre planète un sphéroïde, c'est-à-dire une sphère presque parfaite et dont la surface serait à peine ridée par quelques irrégularités.

Des trois états (gazeux, liquide, solide) de l'eau, nous n'étudierons ici que l'*état liquide* et l'*état solide*, soit parce que l'eau à l'état de vapeur (nuages) exerce peu d'action sur la croûte terrestre, soit parce que son rôle, en cette qualité, appartient plutôt à la météorologie.

Art. 1. — L'eau liquide

Les eaux peuvent exercer sur les roches ou sur les terrains une action *chimique* et une action *mécanique*.

1° Action chimique. — Par action chimique de l'eau, on entend la propriété qu'elle a de dissoudre certaines roches. C'est ainsi que, surtout si elle s'est chargée, d'une façon quelconque, d'acide carbonique, elle dissout les calcaires et attaque même le granit, qu'elle décompose et désagrège. C'est l'eau des océans qui à cet égard peut produire les effets les plus considérables à cause des sels qu'elle contient. Quant à l'eau de pluie, qui s'est enrichie en une certaine mesure d'acide carbonique par son passage à travers l'atmosphère, elle peut dissoudre, en s'infiltrant dans le sol et à la longue, le sel gemme, le gypse et les calcaires, et y produire des grottes et des cavernes, et même des sortes de galeries plus ou moins longues, où même elle formera des lacs et des cours d'eau souterrains. Toutes ces cavités peuvent encore s'agrandir par des éboulements accidentels. Il y a des grottes et des cavernes en plusieurs pays ; la plus fameuse de ces cavités se trouve dans le Kentucky, aux États-Unis, et porte le nom de *Mammoth Cave*. On a exploré cette grotte jusqu'à une profondeur de quatre à cinq lieues, et l'on y a parcouru une couple de cents allées, dont la longueur totale est de plus de 350 kilomètres. — Parfois, les grottes sont comme décorées de *stalactites* et de *stalagmites*, dont la formation, qui souvent se continue, s'explique de la façon suivante. Que l'on suppose une eau chargée de calcaire qui suinte à la voûte d'une grotte : l'acide carbonique qui imprègne cette eau se dégagera, et il restera un dépôt de calcaire que chaque goutte nouvelle augmentera de volume par sa partie inférieure ; il en résultera une sorte de cône qui s'allongera et pendra à la voûte : c'est la *stalactite*. D'autre part, des gouttes d'eau se détacheront aussi et tomberont sur le sol, en y formant aussi un cône qui s'élèvera peu à peu, et qui est la *stalagmite*. Finalement, les deux cônes, s'allongeant l'un vers l'autre, se rencontrent et forment en se soudant une colonne que les cristaux de

calcite rendent brillante. Il faut mentionner aussi les sortes de draperies qui se forment parfois à la voûte, grâce aux dépôts calcaires qu'y laissent les eaux suintant peu à peu. Et le spectacle offert par ces colonnades et ces draperies de couleur blanche est parfois féerique, surtout si l'on peut y produire une illumination à l'électricité ou au gaz acétylène. Les nombreux touristes de l'Est américain qui visitent les îles Bermudes peuvent y voir une grotte de ce genre, décorée de stalactites et de stalagmites. La grotte la plus remarquable, à ce point de vue, paraît être celle de la région des Causses, dans la Lozère (France) : elle a 300 pieds de longueur, 150 de largeur, et contient plus de 200 colonnes brillantes dont les plus grandes atteignent une hauteur de près de 100 pieds.

2° Action mécanique. — C'est comme agent mécanique, au point de vue de la géologie, que l'eau exerce l'action la plus considérable. Et cette action, elle commence aussitôt que la goutte de pluie arrive sur le sol.

Il importe de remarquer que, dans la nature, l'eau est soumise à un continuel état de *circulation*. En effet, si l'on prend les océans pour point de départ, la chaleur solaire détermine à leur surface une évaporation constante, dont le produit, c'est-à-dire la vapeur, s'élève dans les airs et s'y condense pour former les nuages. Poussés par le vent, ces nuages, ou amas de vapeurs, passent sur les continents, s'y refroidissent, et se condensant davantage encore tombent en " pluie " dans les pays tempérés et en " neige " dans les régions froides. On comprend par là pourquoi nos vents de nord-est, qui viennent de l'Atlantique, sont si humides et nous apportent si souvent de la pluie ou de la neige. Enfin, de cette eau, ainsi arrivée sur le sol, il se fait, pour ainsi dire, trois destinations : 1° Une partie, considérable parfois, retourne dans l'atmosphère par l'évaporation : on évalue aux trois quarts la quantité d'eau tombée en pluie dans le bassin du Mississipi, et qui retourne aux nuages par l'évaporation. Il convient aussi de tenir compte de la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère par la transpiration des plantes, et qui est cause de la fraîcheur que

l'on constate dans le voisinage des forêts. 2° Une partie pénètre dans le sol, par infiltration, à travers le calcaire ou le sable, jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche d'argile et s'y accumule. Ce sont les nappes d'eau formées de la sorte qu'on utilise par les puits ordinaires, et aussi par les puits jaillissants ou *artésiens*, si la différence de niveau des terrains fait que l'eau sorte d'elle-même des profondeurs du sol. D'autre part, si la couche d'argile où l'eau s'accumule vient couper par exemple la pente d'une hauteur, l'eau s'en échappe, et c'est une *source*. L'eau des sources est pure et saine, quand elle a traversé des terrains sablonneux, y laissant les germes nuisibles qu'elle pouvait contenir. 3° Enfin, une partie de l'eau coule sur le sol, surtout s'il est en pente, et se rassemble en certains points pour devenir *ruisseau*, *torrent*, *rivière* et *fleuve*, par lesquels les océans la voient revenir comme à son point de départ, d'où l'évaporation la fera repartir pour un nouveau cycle de circulation. Et c'est ainsi qu'il y a au moins une portion notable de l'eau qui, après s'être évaporée de la surface de la mer, y revient à la fin.— Or, c'est au cours de cette circulation constante de l'eau qu'elle produit sur les terrains son action mécanique, dont l'aperçu suivant donnera une idée suffisante. Dans cette étude, il y a lieu de traiter à part l'action de la mer et l'action des eaux courantes ordinaires.

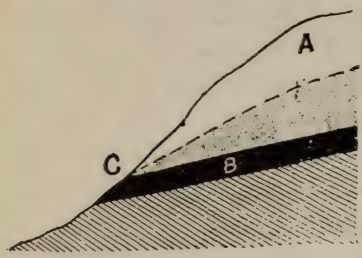


Fig. 24.—Explication des sources.

Action de la mer.— Par suite de l'attraction de la lune et du soleil, les eaux de la mer éprouvent des variations de niveau, qui sont le *flux* et le *reflux*. Il n'y a guère, en plein océan, qu'une différence de niveau de trois pieds entre la haute et la basse mer ; tandis que le long des côtes, selon la

---

Fig. 24. — (Coupe d'un terrain.) A, couche perméable. — B, couche imperméable. — C, l'eau se déverse en sources.

forme des rivages, les plus hautes marées peuvent atteindre des hauteurs de 30 ou 40 pieds. D'autre part, suivant l'état de la mer, une lame peut exercer, sur un obstacle qu'elle rencontre, une pression qui va de 6000 à 60,000 livres par mètre carré. On peut se rendre compte par ces chiffres de la puissance de pareils coups donnés des dizaines de fois par minute contre des falaises, d'autant plus que chaque lame qui déferle entraîne avec elle des galets qu'elle projette avec force sur l'obstacle qui l'arrête. Aussi, à la longue, le pied d'une falaise attaquée de la sorte s'émiette, se creuse, et voit à la fin s'écrouler sa partie supérieure. Il résulte, de ces effets longtemps répétés, un recul prononcé des falaises, qui se fait plus ou moins rapidement à proportion de ce que le terrain attaqué est plus ou moins résistant. Et même, si la nature des roches composant la falaise n'est pas homogène, certaines parties plus dures peuvent résister plus longtemps à l'attaque des eaux, et donner lieu à la formation de pyramides, de caps détachés, qui restent isolés au milieu des eaux. Le cap Percé, sur la côte de la Gaspésie, offre un exemple bien connu de phénomènes de ce genre.

Quant aux parties détachées des falaises attaquées par la mer, si elles sont formées de calcaire, le mouvement des eaux les désagrège rapidement, les pulvérise, les enlève pour les déposer ailleurs en une sorte de boue ; si elles sont composées de roches très dures, elles perdent leurs angles en roulant les unes sur les autres par le mouvement des vagues, elles se transforment en galets qui continuent à s'user et disparaissent, en produisant un sable fin qui se dépose au bas des rivages, pour y former, parfois sur une grande étendue, des sortes d'esplanades et des plages plus ou moins inclinées.

Voilà, en abrégé, quels sont les résultats du travail de la mer le long de ses côtes : un effet d'"érosion", par laquelle une partie du terrain est désagrégée, démolie par le choc de la vague ; un effet de " transport ", par lequel les matières ainsi enlevées sont entraînées au gré du flot ; un effet d'" édification ", qui consiste en ce que ces débris sont dé-

posés par la vague en certains endroits dont ils modifient la surface de diverses façons.

Action des eaux courantes. — Les cours d'eau de tout genre, torrents, rivières et fleuves, exercent aussi un rôle d'*érosion* et d'*édification* sur la surface des terrains. Ces cours d'eau se forment les uns par les autres, à partir de la goutte de pluie et du grain de neige qui fond.

" Erosion ". — Quand les gouttes de pluie tombent sur une terre végétale, elles sont en partie absorbées et retenues par cette terre qui agit à la façon d'une éponge, et aussi par les racines des arbres et les gazons. Au contraire, si elles tombent sur une terre dépourvue de végétation, elles ruissellent sur le sol et, en pays de montagnes, elles se rassemblent facilement pour former des cours d'eau temporaires ou torrents, qui, en certains pays, font de grands ravages en dénudant de plus en plus les terrains et en causant des inondations. Chez nous, si les torrents n'existent que très peu, le déboisement excessif des hauteurs n'est pas moins redoutable, parce qu'il nuit fortement au régime des eaux. En effet, les hauteurs boisées exercent ici un rôle de réservoir d'alimentation pour les cours d'eau, soit en retenant l'humidité produite par les pluies, soit en empêchant la fusion rapide des neiges accumulées durant l'hiver ; et par suite elles empêchent la crue rapide des cours d'eau qui cause des inondations plus ou moins désastreuses.

Quant aux rivières et aux fleuves, leur action constante sur leur fond et leurs rives les a creusés et rongés au moins lors de leur formation, et s'exerce encore aujourd'hui en une certaine mesure et en de certaines circonstances. Quelques-unes des rivières de la Province, par exemple celle du Gouffre, à la Baie Saint-Paul, la rivière Sainte-Anne, dans le comté de Portneuf, la rivière Etchemin, etc., montrent le travail d'érosion opéré sur leurs rives, et qui a produit des élargissements considérables aux dépens des terrains avoisinants. Tel est l'effet produit sur les terres meubles par les cours d'eau.—D'autre part, lorsque le cours d'eau a pour lit un terrain pierreux: 1°, S'il y a dans ce lit une étendue formée par une roche plus tendre, celle-ci est rongée plus vite,

et il se forme là un bassin ou lac plus ou moins considérable : telle est l'origine de nos lacs Saint-Louis et Saint-Pierre que le fleuve Saint-Laurent a creusés dans son cours supérieur. 2°, Si le lit d'un cours d'eau est composé de deux couches superposées, la supérieure plus dure, l'inférieure plus tendre, il arrivera que, pour peu que le cours d'eau atteigne celle-ci en quelque endroit, il la rongera plus vite que la couche supérieure et produira là d'abord une simple cascade, puis une cataracte. On a là l'explication de la formation de la chute Montmorency, de la chute Sainte-Anne, etc., dans la Province, et surtout de la chute Niagara dans Ontario. Pour ce qui est de celle-ci, on peut voir, par la vignette 26, comment elle recule constamment.

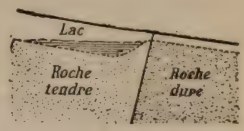


Fig. 25.—Comment se forme un lac.

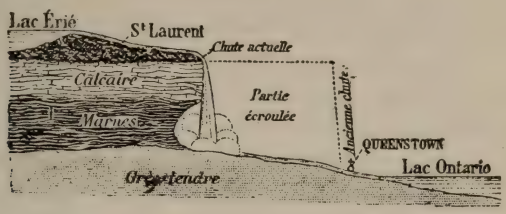


Fig. 26. — Recul de la chute Niagara.

soit d'environ 30 cent. ou un pied par année : cela est dû à ce que le lit inférieur, qui est de roche marneuse, cède plus vite à l'action de l'eau que le lit supérieur, qui est de calcaire, et qui surplombe et s'écroule de temps en temps. — Le travail des eaux est également remarquable dans les fameux *canons* ou gorges profondes (de plus de 5000 pieds) du Colorado, etc., aux États-Unis : la roche étant là homogène, la rivière a surtout fait son travail sur le fond de son lit, sans ronger notablement ses bords, et produisant ainsi une sorte de canal étroit et de profondeur énorme.

" Edification ".— On donne ce nom au transport et au dépôt des substances minérales enlevées par la mer et les

cours d'eau aux terrains qu'ils attaquent ou qu'ils traversent. Nous venons de voir le travail de destruction et de démolition que la mer et les cours d'eau opèrent sur les côtes, les rivages et les rives. Mais ces substances minérales dont les eaux se sont chargées, elles ne les tiennent pas longtemps en suspension, à cause de leur poids qui tend à les entraîner au fond. Nous avons déjà vu que la mer finit par réduire en une sorte de boue les blocs calcaires qu'elle arrache aux falaises, et en sable fin les galets, blocs plus durs, dont elle fait d'abord des cailloux qui s'usent peu à peu par leurs frottements mutuels. Ces boues calcaires, plus légères, sont parfois transportées par les courants et déposées à de grandes distances dans la mer. Les sables, plus lourds, restent moins longtemps en suspension dans les eaux, et se déposent le long des côtes en plages plus ou moins étendues.

Quant aux cours d'eau, on nomme *alluvions* les matières minérales qu'ils détachent de leurs rives pour les déposer plus ou moins rapidement, et qui sont des sables, des graviers et des cailloux.— Pour donner une idée de la masse des substances que peuvent transporter de la sorte les cours d'eau, nous dirons que le Danube charrie annuellement 60 millions de mètres cubes de matériaux, et que l'on évalue à 10 kilomètres cubes la masse des substances que la mer reçoit chaque année de tous les fleuves de l'univers.

Plus la vitesse d'un cours d'eau est grande, plus il transporte loin les matériaux dont il s'est chargé. Comme cette vitesse va en diminuant à mesure qu'il approche de son embouchure, il n'a plus en suspension, de façon générale, lorsqu'il y arrive, que les substances les plus légères, c'est-à-dire les limons et les sables fins. Les cailloux, les sables grossiers n'ont pas tenu longtemps dans les eaux, et sont allés au fond à peu de distance de leur point de départ et presque toujours au milieu même du lit. En cas d'inondation, les matériaux légers se sont déposés sur les rives mêmes et sur les terres où les eaux se sont épandues. Dans les conditions normales, et si ces substances légères sont abondantes, elles se rendent jusqu'à l'embouchure, où les

rives sont presque toujours largement écartées, formant un *estuaire*. Et alors, deux sortes de phénomènes peuvent se produire :

Fig. 27. — Formation d'une barre.

1° Lorsque l'eau douce du fleuve rencontre l'eau de mer dans l'estuaire, *et que les marées y sont fortes*, les matériaux charriés jusque-là se déposent rapidement et forment en travers ce qu'on nomme une *barre*, c'est-à-dire une sorte de levée, où s'arrêtent aussi et se mêlent à la masse les galets et les sables que la mer pousse et agite. Cette barre n'est pas fixe, mais elle se déplace en une certaine mesure, sous l'action de la marée qui monte ou qui baisse ; et sa mobilité même, et l'incertitude où l'on est de la place qu'elle occupe en un moment donné, rendent la navigation difficile dans les estuaires de certains fleuves. — Ce qu'on désigne sous le nom de *barachois*, dans la Gaspésie, ce sont des barres qui se sont formées à l'embouchure de certaines rivières de cette région.

2° Si, par contre, l'apport d'un cours d'eau se fait dans une mer où les marées sont faibles, comme, par exemple, dans la Méditerranée, les matériaux qui y vont au fond sont peu dérangés par la mer, et ils forment à la longue une sorte d'île généralement triangulaire qui partage en deux branches le cours du fleuve. Cette île triangulaire se nomme DELTA (du nom de la quatrième lettre de l'alphabet grec). Comme d'autres deltas peuvent aussi se former dans ces deux branches du fleuve, on voit comment

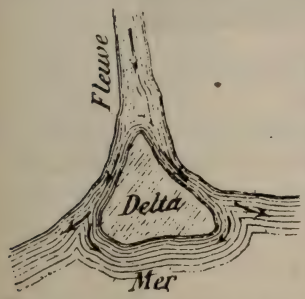


Fig. 28.—Formation d'un delta.

il se fait que certains fleuves se jettent dans la mer par plusieurs bras. On donne au fameux delta du Nil une longueur de 100 milles et une largeur de 200 milles ; et à celui du Mississipi une surface de plus de 13,000 milles carrés. Les deltas peuvent s'accroître du côté de la mer (leur sommet étant toujours dirigé vers la terre ferme). C'est ainsi que le delta du Pô s'accroît de plus de 200 pieds par année, du côté de la mer Adriatique ; et le delta du Rhône, de plus de 150 pieds par année.

Art. 2. — L'eau solide

Comme on le sait bien en notre pays, la *forme solide* de l'eau, c'est la neige et la glace. Le rôle que joue l'eau solide dans la modification de la surface de la Terre est beaucoup moins important que celui qu'y exerce l'eau liquide, parce que la diversité des climats qui règnent sur le globe terrestre ne lui permet pas d'exister partout, comme c'est le cas pour l'eau liquide. Toutefois, ce rôle est encore

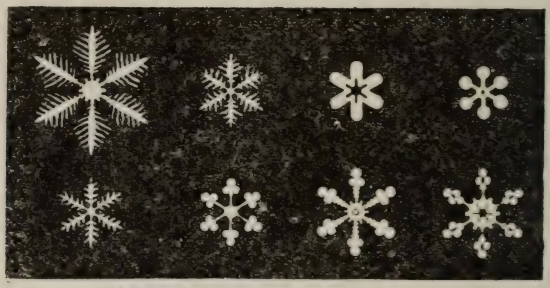


Fig. 29. — Cristaux de la neige.

considérable, et il est d'ailleurs de même nature, puisqu'il consiste, lui aussi, dans la démolition ou destruction des lieux élevés et dans le transport des débris vers les enfoncements du sol.

Neige.— Lorsque la température ne dépasse pas 30° Far., l'eau ne tombe plus en pluie, mais à l'état de neige. Les flocons de neige ont la forme d'étoiles variées, à six bran-

ches. Dans les régions polaires, et aussi à une certaine altitude, où la température ne descend jamais plus bas que 30°, c'est donc toujours de la neige qui tombe, et jamais de la pluie. Aussi les neiges persistent toujours sur les hautes montagnes et sont dites *éternelles*. Les neiges éternelles commencent à exister à une hauteur de 8000 pieds dans les pays tempérés, à 12,000 pieds dans la zone équatoriale.

Sous la forme de neige, l'eau n'exerce guère d'action sensible sur la surface des terrains, quoique par ailleurs elle puisse avoir une action même considérable, par exemple pour le repos et l'amendement des terrains cultivés qu'elle recouvre durant l'hiver, et pour alimenter les cours d'eau utilisables pour l'industrie et le commerce. D'autre part, l'accumulation de la neige sur des pentes rapides est parfois la cause de dommages considérables dans les vallées, lorsque son propre poids ou le vent la précipite en masses considérables qui rasent les habitations, abattent les arbres, arrachent des blocs de rochers. On nomme *avalanches* ces chutes de monceaux de neige.

Névé.— Le névé est une neige granuleuse qui résulte à la fois du tassement des amas de neige dans les dépressions de terrain, causé par la pression qu'exercent constamment les couches supérieures de neige, et du gel des gouttelettes d'eau résultant de la fusion partielle que produisent les rayons solaires sur la surface de la masse neigeuse. Le névé, dont le mètre cube pèse de 1000 à 1200 livres, diffère beaucoup de la neige récemment tombée, dont le poids par mètre cube n'est que de 170 livres, et de la glace, dont le mètre cube pèse plus de 1800 livres. Sur les hauts sommets, où la neige n'éprouve jamais même un commencement de fusion, il n'y a aucune formation de névé ; mais elle y conserve la forme de poussière plus ou moins mouvante.

A mesure que les neiges s'accumulent par dessus, le névé qui est au-dessous subit une pression croissante, sous laquelle les grains qui le composent s'agglomèrent ensemble et composent à la fin une *glace* compacte, dure, opaque d'abord à cause des bulles d'air qui s'y trouvent, et transparente ensuite, d'un bleu d'azur.

Glace.— La glace, ou l'eau congelée, est le plus puissant agent de démolition des montagnes, à cause de ce fait remarquable que l'eau, en se congelant, augmente de volume, *et cela avec une force extraordinaire.* Pour peu qu'il existe des crevasses sur le sommet ou le flanc des montagnes, lorsque se congèle l'eau qui s'y est introduite, elle fait éclater les blocs de rocher. Et alors l'effet produit diffère suivant qu'il s'agit de montagnes *granitiques* ou de montagnes *calcaires.* Dans les premières (Fig. 30), il se fait un véritable déchiquetage, d'où résultent des "aiguilles", qui sont des pics, des pointes aiguës. Les montagnes Rocheuses offrent de beaux exemples de ces formations. Quant aux montagnes de roche calcaire (Fig. 31), leurs sommets, déjà arrondis ou équarris par les agents atmosphériques, se séparent, sous l'action de la glace, en blocs plus ou moins carrés, et il en résulte des sortes de murailles ou de tours de vastes dimensions, qui ont l'aspect de forteresses colossales.

Fig. 30. — Effet de la congélation de l'eau sur une montagne granitique.

Glaciers.— On a heureusement défini le glacier : un fleuve de glace. En effet, comme un fleuve véritable, ces énormes masses de glace, qui résultent de la formation du névé sur le flanc des hautes montagnes, descendent d'un mouvement très lent, en se moulant sur le fond des dépressions ou des vallées.

Comme cela se comprend bien, il ne peut se former de gla-

ciers, sur la pente des montagnes, que si l'alimentation en neige dépasse ce que la fusion peut en détruire. Les glaciers ne peuvent donc se former qu'à une altitude assez grande.

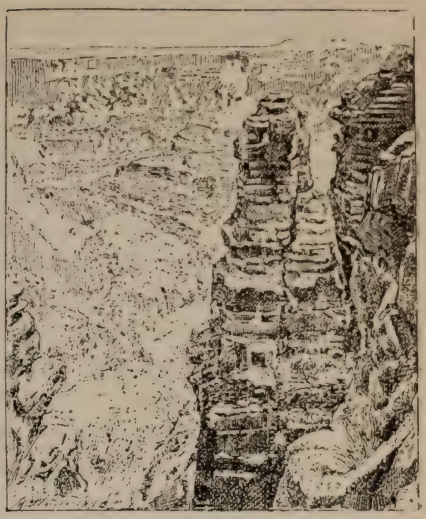


Fig. 31. — Effet de la congélation de l'eau sur une montagne calcaire.

" Origine ". Comme il a été dit plus haut, la neige tombée en flocons sur les sommets subit, sous l'action du soleil, un commencement de fusion : les gouttes d'eau qui en résultent s'enfoncent dans la neige et deviennent par la congélation des grains de glace ; la neige se fait alors granuleuse, c'est le "névé". Sous la pression de la neige qui continue de s'accumuler par dessus, le névé s'agglutine et se transforme en glace. Une masse de glace ainsi formée est un glacier.

Fig. 32. — Un glacier, qui fond à son extrémité inférieure ou " front ".

"Descente". Par l'effet de son propre poids, qui s'augmente sans cesse comme résultat de nouvelles chutes de neige sur sa surface supérieure, par suite aussi de la déclivité des dépressions où il

s'est formé, le glacier descend avec lenteur vers le bas des montagnes. Cette descente, qui est naturellement plus rapide durant la saison d'été, varie d'un pied à un pied et demi par jour ; elle atteint un mille, en moyenne, au cours d'une vingtaine d'années.— Comme il arrive pour les rivières (ou cours d'eau liquide), les glaciers (ou cours d'eau solide) s'avancent plus lentement quand leur lit devient plus large. C'est à leur surface et en leur milieu que leur descente est la plus rapide : et cela est dû au frottement que subissent leur fond et leurs bords, sur le lit et les rives de roche. — Souvent, on a recueilli à la partie inférieure des glaciers des objets qui s'étaient trouvés engagés dans leur masse. C'est ainsi que, en 1861, on retrouva, au front d'un glacier des Alpes, les débris d'une catastrophe qui avait eu lieu 41 ans auparavant, lors d'une ascension sur le mont Blanc.

" Crevasses ". Comme la marche du glacier se fait, en général, sur des surfaces de niveaux variés et en des dépressions plus ou moins contournées ; comme, d'autre part, la glace n'est pas élastique, il en résulte dans sa masse des fissures longitudinales ou latérales qui s'élargissent lentement, et deviennent des crevasses plus ou moins larges et plus ou moins profondes. Il peut arriver, par suite des mouvements ultérieurs du glacier, que ces crevasses se referment et que leurs bords se ressoudent.

" Moraines ". On donne ce nom à des levées de roches et de terre qui s'accumulent, comme des sortes de cordons, sur les bords des glaciers.

La partie centrale du glacier s'avançant plus vite que ses côtés, comme il a été dit plus haut, les débris qui s'accumulent à sa surface se trouvent rejetés le long de ses bords, et y forment des moraines *latérales*. — Comme il arrive parfois que deux glaciers, descendant de directions différentes, se rencontrent et se soudent pour n'en plus former qu'un, leurs moraines latérales intérieures se joignent aussi en une moraine *médiane* sur la surface du glacier unique qui s'est constitué.—Enfin, à mesure que la partie antérieure, ou le front, du glacier entre en fusion, lorsqu'il arrive à une

région où la température le permet, les débris contenus dans sa masse s'accumulent en une moraine *frontale*.

Les glaciers considérables peuvent transporter de la sorte et laisser sur les terrains des blocs énormes de roches, même de plusieurs milliers de pieds cubes ; ce sont les *blocs erratiques*. En plusieurs localités de la Province, on voit de ces blocs, de dimensions diverses, que les glaciers ont arrachés aux Laurentides.

" Erosion " et " Sillonnement ". Il y a, dans les Alpes, des glaciers longs de 12 à 15 milles, larges de 3 milles et plus ; au Spitzberg, il y a un glacier large de 11 milles. Quant à l'épaisseur des glaciers, elle est généralement d'une

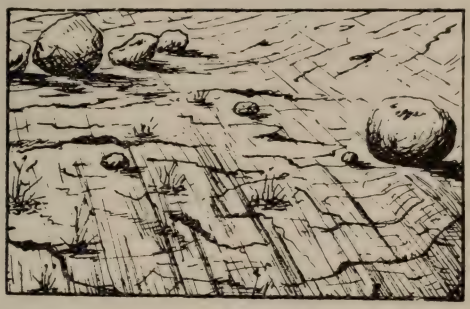


Fig. 33. — Surface *moutonnée* et *striée* par le passage d'un glacier.

centaine de pieds ; mais elle atteint parfois, en certains points, de 600 à 1200 pieds. On pourrait donc croire que l'action mécanique de ces masses en marche est énorme et même irrésistible sur les surfaces où elles s'avancent. Toutefois, cette action mécanique est loin de valoir en importance celle qu'exercent à la longue les cours d'eau sur les reliefs de terrain.

Le plus souvent, le glacier ne peut même creuser son lit, à moins qu'il ne s'avance sur un terrain de faible résistance. Tout ce qu'il peut faire, en général, c'est d'user et de polir la surface des gorges où il descend, et de donner un aspect *moutonné* aux lits rocheux sur lesquels il a passé. Et comme

souvent il entraîne sur sa surface inférieure des fragments de roc, ces fragments lui servent comme de burins plus ou moins gros, avec lesquels il laboure, " sillonne " ou strie les roches sur lesquelles il s'avance.— Le grand rôle du glacier, c'est de transporter des débris de roches, avec une puissance formidable, des hauteurs jusque dans les plaines, et surtout, comme nous le verrons plus loin, d'alimenter des cours d'eau.

Dans la province de Québec, des roches moutonnées et des roches striées indiquent, en divers endroits, l'action d'anciens glaciers.

" Fusion ". Quand le soleil frappe la surface du glacier et que la température s'y élève au-dessus de 32° Far., la glace y fond d'une façon plus ou moins considérable. Il est probable aussi qu'en dessous du glacier, au contact de la roche où il glisse, il se produit une certaine fusion. Mais c'est au front du glacier, et à mesure qu'il descend dans des régions assez chaudes, que la fusion se produit de façon complète. Ainsi, le front ou l'extrémité du glacier se détruit sans cesse, et se termine par un talus ou escarpement ; mais aussi la poussée du glacier fait que ce front se renouvelle constamment. Du reste, la fusion totale n'a pas lieu brusquement dès que le glacier dépasse la limite des neiges perpétuelles, mais bien deux ou trois mille pieds plus bas: il arrive de la sorte qu'il y a des régions où l'on voit, sur les rives du fleuve de glace, des pâturages, des jardins, des champs en culture.

Les eaux qui proviennent de la fusion progressive de la masse se réunissent sous le glacier, s'écoulent sur les pentes, et rejoignent les eaux produites par la fonte beaucoup plus active du front : il en résulte des torrents persistants, qui se réunissent à la fin pour former des rivières et même des fleuves. Le Danube et le Rhin en sont des exemples.

" Répartition actuelle des glaciers ". Pour qu'il existe des glaciers en une région déterminée, il faut que l'hiver soit froid et humide, et l'été tempéré, (conditions qui se remplissent dans les pays à température modérée), et aussi, naturellement, qu'il y ait des plans inclinés où la glace

puisse descendre. Sur le continent américain, la chaîne des Cordillères et des Rocheuses contient donc des glaciers, excepté dans les régions équatoriales, où l'atmosphère est trop sèche sur les hauteurs : il n'y a pas de glaciers entre le sud du Chili et le nord du Vénézuéla. Au delà de ces limites, au sud et au nord, existent les fleuves de glace ; ceux de la Colombie-Britannique sont bien connus pour leur ampleur et leur pittoresque. — Dans l'Europe tempérée, il n'y a de glaciers que dans le Caucase, les Pyrénées, et surtout les Alpes (où l'on en compte plus de 2000). — C'est en Asie, dans l'Himalaya et dans la chaîne, encore plus élevée, du Karakoroum (situé au nord de l'Inde), que se trouvent les glaciers actuels les plus considérables. Il y a de ces glaciers dont la longueur dépasse 58 kilomètres.

" Calottes polaires " et " Icebergs ". Dans les régions tempérées, ce n'est que sur des montagnes assez élevées que l'on trouve des neiges perpétuelles et, par suite, des glaciers : et cela est dû, on le comprend, à ce que la chaleur n'y est

Fig. 34. — Extrémité d'un glacier polaire.

jamais assez forte pour y fondre entièrement les neiges et les glaces. Au contraire, dans les contrées arctique et antarctique, où la température reste toujours basse, la neige et la glace sont persistantes même à la surface du sol. Et c'est ainsi que des pays entiers y sont constamment recouverts d'une couche ou "calotte" de glace. On aura une idée de l'étendue que peuvent avoir ces calottes polaires, en considérant que, en 1888, Nansen mit 46 jours à traverser celle qui recouvre entièrement le Groenland. La glace de

ces calottes se forme, comme celle des glaciers, par une transformation lente de la neige.

Ces calottes de glace descendent lentement vers la mer. Tantôt, elles y arrivent sur une grande étendue de la côte, surplombant parfois jusqu'à ce que leur extrémité se détache et tombe dans les flots. Tantôt, elles y descendent par de profondes échancrures, nommées " fiords ". D'après des géologues, la rivière Saguenay, qui est d'une énorme profondeur, ne serait qu'un de ces fiords jadis parcouru par un glacier ancien. En tout cas, le bord libre de ces glaciers s'avance peu à peu dans la mer,et la glace, étant plus légère que l'eau, tend à flotter horizontalement à sa surface. Alors, soit par l'effet de la différence de niveau qui vient à se produire entre la partie du glacier qui descend et celle qui flotte déjà, soit par l'effet du flux et du reflux qui soulève et abaisse l'extrémité du glacier, il s'y fait des craquements et des brisements : des blocs plus ou moins considérables se détachent et s'éloignent par l'action des courants (Fig. 35). Ces blocs sont les " icebergs ".

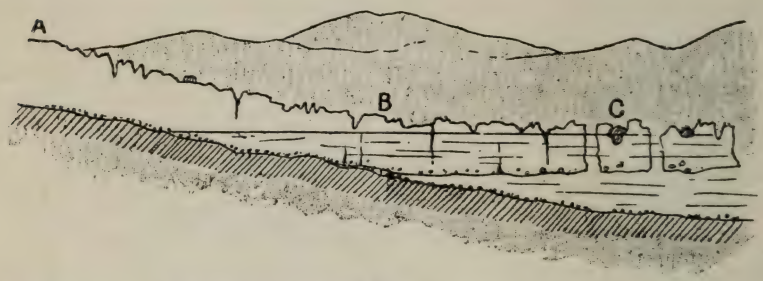


Fig. 35. — A, glacier polaire. — B, glace qui commence à flotter. — C, glaces flottantes ou icebergs.

Les icebergs, poussés par les vents et les courants, descendent vers le sud, pour ce qui est de l'Atlantique, jusque vers Terre-Neuve, où ils fondent en rencontrant le Gulf-Stream qui vient du golfe du Mexique.

Ces glaçons polaires sont parfois des masses énormes. Comme leur partie immergée doit être 7 ou 8 fois plus haute que la partie qui s'élève sur la mer, et comme cette

partie émergée atteint parfois jusqu'à 300 pieds, il faut en conclure que leur hauteur totale serait de 2100 à 2400 pieds. Et comme, d'autre part, il n'y a pas de glacier qui ait une épaisseur si considérable, il faut penser que les icebergs qui ont de telles dimensions ont été d'abord des bancs de glace qui ont flotté à plat et qui, par l'effet d'une fusion irrégulière, ont perdu leur équilibre premier et se sont mis sur champ.

Pour ce qui est du rôle géologique joué par les glaciers polaires, on comprend qu'ils ne peuvent manquer de détacher du fond de leur lit des roches qu'ils s'incorporent et entraînent jusqu'à la mer. Les icebergs portent avec eux les blocs pierreux ou les matières terreuses qui se trouvent dans leur masse, et, à mesure qu'ils fondent, les laissent tomber au fond de la mer ou sur les plages où ils ont pu venir s'échouer. C'est à une action de ce genre qu'on attribue la formation du Grand Banc de Terre-Neuve, dont le bas-fond serait dû à l'accumulation des débris apportés en cet endroit par les nombreux icebergs qui viennent y fondre.

Outre cette action d'exhaussement du fond de la mer, due aux roches apportées par les icebergs, il faut ajouter que la fusion de ces glaçons flottants restitue à l'océan, pour une certaine partie, l'eau qu'il a perdue par l'évaporation.

Et, enfin, il importe de remarquer que, au point de vue géologique, le rôle des glaciers polaires est exactement le même que celui des glaciers des montagnes : ils polissent le lit sur lequel ils glissent et transportent au loin, grâce à la course des icebergs, les roches et les débris qu'ils arrachent et entraînent dans leur masse.

———

Chapitre IV

LE FROID

Relativement à l'influence que le froid, ou la diminution de la chaleur, peut exercer sur les phénomènes de l'époque actuelle, il y a lieu d'étudier ces effets du froid: 1°, en dehors de la croûte terrestre ; 2°, dans la croûte terrestre elle-même.

Art. 1. — A la surface du globe

Nous avons déjà fait, dans le chapitre précédent, l'étude complète de l'influence exercée par le froid sur la surface de la croûte terrestre. En effet, comme cela est évident, le froid ne peut avoir d'action sur la surface du globe que par l'eau à l'état solide, c'est-à-dire par la neige et par la glace : et nous avons assez longuement exposé cette action. Si donc l'on veut étudier spécialement et au complet cette question du froid à la surface de la croûte terrestre, il faut se reporter à ce qui a été dit, dans le chapitre précédent, sur le rôle de l'eau à l'état de neige et de glace.

Il suffit, par conséquent,—pour l'intérêt de la régulière ordonnance de ce traité,— de rappeler ici, dans les grandes lignes, les développements que nous avons déjà donnés sur l'eau solide.

1° *Neige.* — A une certaine altitude des terrains, l'eau ne tombe plus en pluie, mais en neige. Cette neige, retenue par les aspérités des rocs sur les hauts sommets, est l'agent de démolition des montagnes. En effet, ces petits amas de neige fondent sous les rayons du soleil; l'eau qui en résulte pénètre dans toutes les fissures de la pierre : et, lorsque la température s'abaisse ensuite, cette eau se congèle en augmentant de volume, et avec une force si grande que les roches se séparent les unes des autres. Quand ces phénomènes se produisent sur les montagnes de *granit*, les sommets sont comme déchiquetés et prennent la forme de pointes aiguës, dites " aiguilles " ; dans les montagnes de

calcaire, les rocs se séparent, sous l'effet de la congélation de l'eau, en masses qui ont l'aspect de murailles et de tours. — D'autre part, comme il y a dans les montagnes des endroits où la neige peut s'accumuler, il s'y forme des amas tellement considérables que parfois ils ne peuvent plus s'y soutenir ; et parfois tout un champ de neige se détache d'un coup et tombe dans les vallées en " avalanche ", qui même arrache les blocs de rochers et les transporte jusque dans les plaines situées au-dessous.

2° *Glace.*— Sous la pression des neiges qui s'accumulent dans les bassins des montagnes, celles qui sont au fond se transforment en une substance grumeleuse, qui est le " névé ", et ensuite en glace véritable, compacte et claire. C'est le "glacier" qui, sous l'action de son propre poids comme du poids des neiges qui s'entassent à sa partie supérieure, descend comme un fleuve sur le flanc des montagnes, polit les fonds où il glisse, arrache les aspérités, se charge aussi des débris divers qui tombent à sa surface, et va fondre en des régions plus chaudes, en y laissant tomber les dépôts rocheux qui s'étaient incorporés à sa masse, et en donnant naissance à des cours d'eau qui sont l'origine de rivières et de fleuves.

Art. 2. — Dans la partie solide du globe terrestre

Si l'on peut parler des effets du froid sur la surface du globe, il ne peut être question que de "refroidissement" à l'intérieur même de la Terre. La science admet généralement que la Terre a été, à une certaine époque, un globe incandescent auquel le rayonnement a fait perdre graduellement une partie de sa chaleur. La croûte solide qui s'est, par suite, formée à l'extérieur a rendu ce refroidissement très lent. Mais à mesure que l'intérieur du globe se refroidit de la sorte, il diminue naturellement de volume ; et comme la croûte solide extérieure doit continuer à s'appuyer sur le bloc intérieur, il faut pour cela que cette écorce terrestre subisse des mouvements de contraction, dont nous avons ici à étudier les principaux effets, qui sont les

suivants : *soulèvements* et *affaissements* des terrains, *formation des montagnes, tremblements de terre.*

"Soulèvements" et "Affaissements".—Ces mouvements lents du sol ne peuvent être constatés qu'à la longue, et principalement sur les rivages, c'est-à-dire aux lignes de démarcation entre la mer et la terre ferme. Il a donc été observé en maints endroits tantôt que la mer a semblé se retirer, laissant à découvert des espaces plus ou moins étendus, où la végétation s'est établie; tantôt que l'océan a envahi des portions de terrain couvertes de forêts ou même de cultures. Comme le niveau de la mer ne peut être que constant, il faut reconnaître que ces variations du relief ont eu pour cause des soulèvements ou des affaissements du sol. Les exemples de ces variations ne sont pas rares dans les divers pays.—C'est ainsi que la presqu'île de la Scandinavie est l'objet d'une sorte de mouvement de bascule qui fait qu'elle s'élève, dans le nord, d'environ trois pieds par siècle, et que, dans le sud, elle s'enfonce graduellement dans la mer. —Le nord de l'Europe (Ecosse, Spitzberg, Russie) se soulève peu à peu au-dessus de la mer.—Les rivages de la Méditerranée (Corse et Sardaigne, golfe de Gênes, Archipel, Afrique occidentale, etc.) se sont élevés.—Le désert de Sahara, où l'on trouve des preuves d'un ancien état océanique, s'est exhaussé.—Le Japon, les Philippines, les Antilles, la Cordillère des Andes, le Labrador, Terre-Neuve, les rivages de la baie d'Hudson, sont encore, présentement, entre autres régions, l'objet d'exhaussement du sol.—D'autre part, il se produit aussi des affaissements de terrain, comme en témoignent le sud de la Suède et du Groenland, les rives de l'embouchure de l'Amazone, les rivages de la Prusse et des Pays-Bas, etc.—Il existe même un exemple fameux d'un sol qui, sans secousse violente, a subi successivement une double et lente oscillation, Il s'agit des trois colonnes de marbre, seuls vestiges du Temple de Sérapis (près de Pouzzoles, dans la région de Naples), hautes de 40 pieds, dont une zone large d'une dizaine de pieds, et qui commence à une douzaine de pieds au-dessus du pavé, est criblée des perforations exécutées par un mollusque marin.

Ces détails divers démontrent que le terrain où s'élevait ce temple était d'abord situé en dehors de la mer, qu'il s'est affaissé de plus de vingt pieds, à une certaine époque, puis qu'il s'est relevé à une autre époque.

" Formation de chaînes de montagnes ". — Nous venons de voir des régions entières de la croûte terrestre se soulever ou s'abaisser en même temps, suivant que la contraction et la diminution de volume du noyau intérieur occasionnent ces mouvements ; la croûte terrestre, en effet, doit toujours s'appuyer, de façon générale, sur le bloc central.

Mais il arrive nécessairement, parfois, que des sortes de plis se forment dans l'écorce solide, qui devient trop grande pour s'adapter au noyau qu'elle enveloppe et qui diminue de volume en se refroidissant. Ces plissements de la croûte terrestre, ce sont les chaînes de montagnes, qui, on le comprend bien, sont de dimensions et de formes diverses, que l'érosion vient ensuite modifier encore dans le cours du temps. Il arrive même parfois que l'érosion, en creusant des dépressions à travers des terrains peu résistants, produit aussi des montagnes.

" Tremblements de terre ".— Les mouvements qui font soulever ou s'abaisser le sol, ou qui causent le plissement des lits composant les terrains, sont en général des *mouvements lents.*

Mais, il y a aussi dans le sol des *mouvements brusques*, qui sont les " tremblements de terre ". En effet, les couches terrestres ne sont pas toujours assez élastiques pour "se plisser" indéfiniment sous l'action de la contraction qui se fait en dessous ; et alors surviennent des cassures soudaines et violentes, des glissements, des relèvements de couches rompues : il en résulte des vibrations du sol, qui s'étendent au loin, et qui sont les "tremblements de terre". Ces brusques cassures se produisent surtout dans les endroits où la croûte terrestre offre le moins de résistance : par exemple, sur les bords des continents où s'élèvent de hautes montagnes, et le long desquels se trouvent des sortes de fosses océaniques de grande profondeur. Et, en effet, c'est sur les côtes de l'océan Pacifique, du Grand

Océan, de la Méditerranée, de la mer des Antilles, etc., qu'ont lieu les séismes (ou tremblements de terre) les plus fréquents et les plus violents.— Une autre cause des tremblements de terre, ce sont des effondrements soudains de cavernes, des explosions de gaz accumulés dans certaines cavités, qui peuvent se produire, pour des causes diverses, dans la croûte terrestre. — Les violentes éruptions volcaniques sont encore la cause, au moins dans leur voisinage, d'ébranlements du sol.

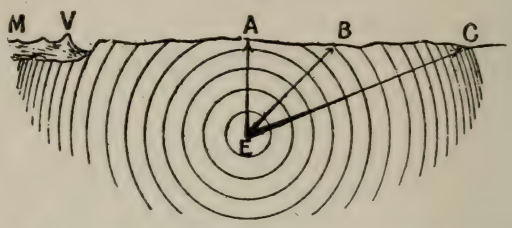


Fig. 36. — Les ondes produites dans la croûte terrestre par un tremblement de terre.

L'ébranlement, qui constitue le tremblement de terre, se propage à la surface du sol comme autour d'un point (Fig. 36, A) nommé *épicentre,* à la façon des "ondes circulaires" que produit la chute d'une pierre à la surface des eaux. Mais le *centre* (E) de l'ébranlement se trouve dans l'épaisseur même de la croûte terrestre, à une profondeur d'un ou de quelques milles ; et de ce point partent, et se dirigent de tous les côtés, des " ondes sphériques ". Les points situés à l'épicentre (en A) reçoivent une secousse verticale, et c'est la plus violente, par laquelle les objets peuvent être projetés en l'air ; en B, en C, et sur la mer (M) en V, les secousses sont obliques et plus ou moins faibles selon que ces points sont plus ou moins éloignés : les objets placés en B peuvent être projetés suivant une ligne oblique, et ceux placés en C simplement renversés.

Il peut sembler étrange qu'un tremblement de terre renverse ou démolisse les objets qui se trouvent à la surface du sol, mais n'exerce aucune action sur l'intérieur du sol

ébranlé. Cela s'explique bien pourtant, par le principe de la communication de mouvement entre des corps solides juxtaposés. Soit, par exemple, trois billes, 1, 2, 3, suspendues à la suite les unes des autres et qui se touchent : si l'on donne un coup sur la bille 1, c'est la bille 3 qui s'écarte vivement ; la bille intermédiaire 2 ne fait que transmettre le choc reçu et reste elle-même immobile.

Quand la secousse sismique atteint une côte, la mer M (Fig. 36) s'éloigne d'abord sous l'action du choc qui lui est transmis ; puis elle revient en une vague puissante V, qui est le "raz de marée" et s'abat comme un mur sur les rivages. On peut citer le raz de marée qui, le 1er novembre 1755, s'abattit, en une vague haute de plus de 50 pieds, sur Lisbonne et acheva sa destruction commencée par le tremblement de terre : en cette double catastrophe, 60,000 personnes périrent en quelques minutes.

Des commotions violentes comme sont parfois les tremblements de terre peuvent produire des modifications géologiques très considérables. C'est ainsi que, d'abord, en certaines occasions, on a vu le sol se soulever ou s'affaisser brusquement. Par exemple, l'an 1855, en Nouvelle-Zélande, un tremblement de terre exhaussa le sol jusqu'à une dizaine de pieds en certaines régions. D'autres fois, il se fait des crevasses profondes et d'une largeur assez grande pour que des maisons y disparaissent ; le tremblement de terre des Calabres, en 1783, a fait ouvrir de ces crevasses. Au Chili, en 1822, le sol fut ébranlé par une commotion souterraine sur une étendue de 13,000 lieues carrées, et fut exhaussé de trois pieds en moyenne.

Très souvent, des bruits souterrains, comme ceux de roulements sourds, de grondements, d'écroulements, précèdent les tremblements de terre. Comme le sol conduit mieux le son que l'air, ces bruits peuvent se propager jusqu'à des distances très considérables.

Les secousses elles-mêmes, quand elles sont violentes, peuvent traverser en moins de 20 minutes toute l'épaisseur du globe terrestre. Ce sont les roches compactes qui transmettent les secousses sismiques le plus rapidement. A la

surface même de la terre, les secousses sont trois fois plus lentes à se propager que dans l'intérieur du globe ; mais ce sont elles qui sont les plus puissantes et les plus dangereuses.—Des instruments, nommés sismographes, permettent d'enregistrer, même à de longues distances, le moment, la durée, la direction et l'intensité des secousses produites par les tremblements de terre.—Comme il y a des milliers de tremblements de terre chaque année, et toujours dans la croûte superficielle, dans les terrains récemment formés et qui n'ont pas encore atteint une stabilité parfaite, on peut dire que la surface de la terre vibre toujours en quelque endroit.

De tous les phénomènes naturels, ajouterons-nous en terminant ce chapitre, le tremblement de terre est le plus terrifiant, à cause de sa soudaineté, de l'ignorance où l'on est des effets qu'il produira, de la connaissance que l'on a des catastrophes causées ailleurs par ces commotions terrestres ; mais surtout, semble-t-il, parce que l'on sent qu'il n'existe pas de moyen assuré de se protéger contre les résultats possibles de l'action des forces formidables qui entrent en jeu au cours de ces événements.

Chapitre V

LA CHALEUR

C'est le soleil qui est la cause principale de la chaleur à la surface du globe terrestre. Mais le calorique qu'il déverse constamment sur la Terre n'a pas d'influence directe, du moins à l'époque actuelle, sur les événements géologiques. Aussi, il n'y a pas lieu d'étudier ici les effets de la chaleur solaire, ce sujet relevant plutôt de la météorologie.

Par contre, ce qui est propre à notre sujet, c'est l'étude: 1°, de la chaleur qui existe dans le globe terrestre lui-

même ; 2°, de la manifestation extérieure et grandiose qui, sous la forme des volcans, s'en fait occasionnellement sur plusieurs points de la terre.

Art. 1. — La chaleur interne du globe

A une soixantaine de pieds de profondeur, les variations de la température causées par la succession des saisons ne se font plus sentir ; la température y est constante, étant égale à la température moyenne extérieure du lieu. Depuis plus d'un siècle, un thermomètre, placé dans les caves de l'Observatoire, à Paris, indique toujours 10° 8 C. — Le creusage des mines a permis d'étudier la température à des profondeurs plus grandes, et l'on a constaté qu'elle augmente, en général, de près de deux degrés Far. pour " chaque" 100 pieds de profondeur. — Dans une mine de la Bohême, à 1151 mètres, le thermomètre se maintenait à environ 40° C. En Toscane, un puits de mine a permis de trouver, à 370 mètres seulement de profondeur, le chiffre de 42° C., qui est le plus élevé que l'on ait pu constater expérimentalement dans l'intérieur de la Terre.—Les puits artésiens fournissent, sur le même sujet, des renseignements non moins intéressants. L'eau qu'ils amènent des grandes profondeurs du sol arrive à la surface avec la même température, à peu près, que celle des couches d'où elle provient. Or, on a pu constater que la température de l'eau s'accroît en proportion de la profondeur. Grâce à ces sortes de puits, on a pu observer que l'eau a une température de 28° C. à 547 et à 586 mètres de profondeur, respectivement, à Grenelle et à Passy, deux localités voisines de Paris ; de 31° 25 C., dans un puits de Westphalie, à une profondeur de 622 m.; de 35° C., à 700 m. de profondeur, dans un puits de la frontière de la France et du Luxembourg.

Les mines et les puits artésiens démontrent donc que l'accroissement de la chaleur, dans la croûte terrestre, est proportionnel à la profondeur que l'on atteint : soit, en général, un degré par cinquantaine de pieds. Toutefois, il n'a été possible de vérifier cette loi que jusqu'à une certaine

profondeur, soit peu au delà de 6000 pieds ou 2 kilomètres (le rayon moyen du globe étant de 6370 kilomètres).—En tout cas, si la température continuait à s'accroître même seulement d'un degré par 100 pieds à mesure que la profondeur augmente, elle serait, à 3 k., de 100°C. (eau bouillante) ; à 21 k., de 700° (fer rouge) ; à 50 k., de 1600° (fusion du fer). A la profondeur de 75 à 80 k., toutes les matières minérales que nous connaissons seraient fondues ; enfin, au centre de la terre, la chaleur serait de 210,000° ! — Mais il est peu probable que la chaleur continue à s'accroître dans la même proportion à mesure que la profondeur augmente. Ce qui est plus vraisemblable, c'est que, à partir du point où la température est de 2000 à 3000° et met en fusion toutes les substances connues, la chaleur s'égalise dans les masses les plus profondes et devient à peu près uniforme.

Mais quel est donc l'état de la masse centrale du globe soumise à des pressions formidables et en même temps à une température extrêmement élevée ?—Chacun des trois états possibles de la matière a ses partisans, en cette question sur laquelle la science actuelle n'a pas les moyens de se prononcer avec certitude. 1° Pour le savant abbé Moreux, directeur de l'Observatoire de Bourges (France), la partie centrale du globe, au-dessous d'environ 300 kilomètres, est à l'état probablement "gazeux", quoique d'une densité se rapprochant de celle du fer. 2° D'autres savants croient à la "solidité" centrale du globe, à cause de l'énorme pression qui y règne (1). Seulement, ils oublient que la pression n'est pas suffisante à elle seule pour changer l'état d'un corps. Par exemple, pour liquéfier un gaz, il faut le soumettre non seulement à la pression, mais en même temps à un *abaissement* de température. Or, si l'on peut croire que, par exemple, il y a une pression de 20,000 atmosphères à une profondeur de 70 kilomètres, il faut ajouter que la

---

1) On estime qu'à mi-distance du centre (soit à 3185 kilomètres), la pression est de près de 4 millions de kilog. par centimètre cube ; près du centre, elle dépasserait 100 millions de kilogrammes par centimètre cube.

température y surpasse 2000°C.; et, dit l'abbé Moreux lui-même, "c'est plus qu'il n'en faut pour contre-balancer les effets de ces pressions formidables. Tous les corps (y) sont donc dans les conditions requises pour rester liquides ou gazeux et acquérir la *rigidité*." Observons ici, avec le même savant, que si, dans les conditions physiques ordinaires, la rigidité est le propre des substances solidifiées, il n'en est plus ainsi lorsque l'on change ces conditions ordinaires: par ex., un liquide ou un gaz que l'on *comprime* acquiert la rigidité d'un solide. (Un ballon de caoutchouc, rempli d'air, en offre un exemple connu de tous.) Et, d'autre part, ajouterons-nous encore avec l'abbé Moreux, la physique enseigne que la vitesse de transmission d'un choc dépend de la rigidité du corps qu'il traverse: par conséquent, ils font erreur ceux qui veulent prouver la solidité du centre du globe terrestre, par le fait qu'une secousse sismique parcourt en moins de 20 minutes tout le diamètre de la terre. Cette vitesse démontre seulement la "rigidité" du milieu traversé, *quel que soit son état.* 3° Il y a enfin ceux qui sontd'avis que la partie centrale du globe est encore à l'état "liquide"; et il semble que ce soit là l'opinion la plus commune chez les savants.

Et d'abord, tout le monde admet que la Terre a passé totalement par un état de fluidité. Sa forme de sphère aplatie (de 5 lieues) au pôle, renflée (de 5 lieues aussi) à l'équateur, en est la preuve physique, comme on peut le conclure de la célèbre expérience du physicien belge Plateau (1801-1883), dont voici un exposé sommaire. — Une masse liquide de faible volume, où les attractions moléculaires peuvent s'exercer librement, tend à prendre d'elle-même la forme sphérique. Ainsi, une goutte d'eau ou une goutte de mercure sont des globules ronds. Si le liquide est d'un volume ou d'une masse assez considérable, la pesanteur l'empêche de prendre la forme sphérique. Afin d'éliminer cette action de la pesanteur dans l'expérience qu'il voulait faire, Plateau eut recours à un procédé ingénieux. L'huile surnage sur l'eau, s'enfonce dans l'alcool; mais il mélangea de l'eau et de l'alcool en de telles proportions, que

de l'huile versée dans ce mélange se tint immobile au centre du liquide et prit la forme sphérique, parce que seules s'exerçaient alors en elle les attractions moléculaires, Passant ensuite, au milieu du globe d'huile, un axe relié à un mécanisme d'horlogerie, il réussit à imprimer à l'axe et par suite au globe lui-même un mouvement de rotation rapide. Il arriva alors que la sphère d'huile s'aplatit à ses deux pôles et se renfla autour de ce qu'on peut appeler son équateur : cet aplatissement et ce renflement étant en proportion de la rapidité de la rotation. C'est la force centrifuge qui produisait ce phénomène.

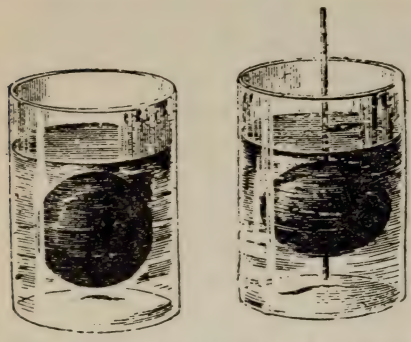


Fig. 37. — Un globe d'huile, tournant sur lui-même, s'aplatit à ses deux pôles.

L'expérience que nous venons de résumer explique pourquoi la Terre est déprimée à ses pôles et renflée à son équateur, et autorise donc à croire qu'elle a certainement été une masse fluide, à une époque de son existence. D'ailleurs, les autres planètes offrent aussi les mêmes phénomènes d'aplatissement aux pôles et de gonflement au centre, et encore sont-ils beaucoup plus accentués sur certaines de ces planètes que sur la Terre : ce qui est tout naturel, puisque, par exemple, Saturne et Jupiter ont des mouvements de rotation beaucoup plus rapides (150 à 200 lieues par minute) que la Terre, qui ne tourne qu'à la vitesse de 7 lieues à la minute. Le gonflement équatorial sur des sphères liquides étant en proportion de la vitesse de rotation, il doit être et il est en effet si considérable sur Saturne et Jupiter, que l'on peut dire que ces planètes ont été comme écrasées par la force centrifuge.

La Terre, ayant été entièrement liquide à une époque de son existence, s'est-elle seulement recouverte d'une écorce solide, en conservant sa chaleur interne, ou s'est-elle complètement solidifiée, en perdant une grande partie de cette

chaleur interne ? Comme nous l'avons déjà dit, l'opinion commune est que la partie centrale du globe est restée à l'état de fusion, recouverte d'une écorce solidifiée. D'après ce que l'on connaît de l'accroissement de la chaleur qui se fait à mesure que l'on s'enfonce dans la Terre, et du point où la température doit tenir toutes les matières en fusion, on peut se représenter le globe terrestre comme une sphère qui, si on lui suppose un diamètre de 266 pieds, serait une masse en fusion recouverte d'une croûte solide d'un pied d'épaisseur... Il faut ajouter, pour appuyer cette hypothèse de la fluidité du centre du globe, que la déperdition de chaleur qui s'y produit, à travers l'écorce solide actuelle, est presque nulle, puisqu'elle ne dépasse guère un tiers de degré (exactement : $\frac{1}{37600}$ de degré) *par siècle.*

Une découverte récente est venue confirmer cette hypothèse de l'état liquide du noyau central de la Terre. En effet, d'après les constatations obtenues par des mesures d'une extrême précision, on s'est aperçu que l'attraction du soleil et de la lune produit tous les jours, non seulement sur les océans, mais même sur la surface solide du globe, un double gonflement, une double marée. Ainsi, chaque jour et chaque nuit, *la surface même des continents* subit un mouvement que l'on peut comparer à celui d'une respiration véritable, et dont l'amplitude, par rapport au niveau moyen, va jusqu'à 40 centimètres (près de 16 pouces). Un gonflement de cette sorte ne serait pas possible si la masse entière du globe était à l'état solide ; et la théorie, déjà généralement admise, du " centre liquide ", paraît donc désormais avoir les caractères d'une vérité scientifique qu'on ne saurait plus mettre en doute.

Art. 2. — Les volcans

Une montagne dont le sommet est creusé en forme d'entonnoir communiquant avec l'intérieur du globe, c'est un VOLCAN.

La *hauteur* d'un volcan est variable, depuis quelques centaines de pieds jusqu'à plus d'une lieue.

En général, on peut distinguer, dans un volcan, les trois

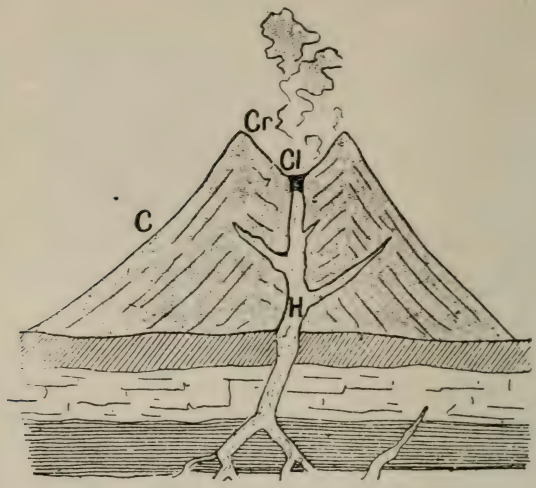


Fig. 38. — Coupe d'un volcan.

parties suivantes : 1°, le " cratère ", qui est l'excavation même du sommet. Cette excavation est de dimensions très variables. Le cratère du Vésuve, lors de l'éruption de 1822, avait environ un mille de diamètre. Le plus grand cratère qui existe est celui du volcan Kilauea, dans l'archipel des Sandwich, qui est large de trois milles. 2°, Le " cône ", amas des matières rejetées par le volcan et qui s'accumulent autour de son orifice. On distingue : les *cônes de débris* (Fig. 38), comme celui du Vésuve, formés des cendres ou des scories rejetées par le volcan, et dont la pente est plus raide; et les *cônes de laves*, qui résultent de la coulée des laves, et dont la pente est douce : le cône de l'Etna est de ce genre, et est entouré de 700 petits cônes secondaires

---

Fig. 38. — C, cône. — Cr, cratère. — Cl, culot de laves solidifiées. — H, cheminée. — La cheminée traverse l'écorce terrestre et atteint le noyau central en fusion.

(cônes adventifs). Il y a de ces cônes secondaires qui sont très élevés, par exemple celui du Cotopaxi, de l'Equateur, haut de 6000 pieds (l'élévation totale du volcan étant de 18,000 pieds). 3°, La "cheminée", simple ou ramifiée. C'est le canal, de forme plus ou moins régulière, qui donne passage aux matières qui sortent du volcan et forment le cône.

Les *produits* rejetés par les volcans sont gazeux, liquides et solides.—1°, Les produits "gazeux", nommés fumerolles, forment des nuages renfermant des acides sulfureux, chlorydrique, carbonique, etc., et surtout de la vapeur d'eau. Souvent, cette vapeur d'eau se condense en pluie qui, en se mêlant aux cendres volcaniques, forme en les délayant une pierre poreuse (tuf volcanique).—2°, Les matières "liquides", ou *laves*, sont diverses matières minérales en fusion (dont la température dépasse 1000°C.), et qui se solidifient sur le sol. Les laves sont ou pâteuses, à cause des gaz qu'elles contiennent et qui les rendent poreuses après le refroidissement, ou fluides comme du verre fondu. La quantité de laves émises pendant une éruption peut être très considérable ; ainsi, on évalue à plus de 15 millions de mètres cubes la coulée de lave émise par le Vésuve en 1794. Il y a des cônes volcaniques qui rejettent, au lieu de laves, des torrents de boue, soit de façon intermittente, comme les volcans de Java, soit de façon constante, comme ceux des bords de la mer Caspienne. Cette boue cimente ensemble les cendres, les scories, les pierres ponces arrachées aux flancs du cône ; et lorsque l'eau qu'elle contient s'est évaporée, le reste forme une roche durcie qui est du tuf. Herculanum et Pompéi, situés dans le voisinage du Vésuve, furent ensevelis sous un tuf de cette sorte en l'année 79.—3°, Quant aux matières " solides " que projettent les volcans, ce sont d'abord des masses de laves que les explosions lancent en l'air, qui s'y refroidissent assez pour se solidifier à leur surface et retombent dans le voisinage : on nomme *bombes* les plus gros de ces fragments, et *lapilli* ceux de grosseur moyenne. La lave est aussi projetée dans l'air en gouttelettes, qui se solidifient à l'instant et constituent ce

qu'on nomme les *cendres*. Ces cendres peuvent être transportées par le vent à de grandes distances. On cite, notamment, le fait des cendres du Vésuve qui, en 472, tombèrent à Constantinople ; celles de l'Hécla (Islande) qui, en 1875, tombèrent à Stockholm (Suède); enfin, celles du Krakatoa, des îles de la Sonde, qui, en 1883, firent tout le tour de la Terre. — Généralement, la vapeur d'eau, les gaz et les scories sont projetés du cratère même ; la lave s'échappe le plus souvent par des crevasses latérales, qui se forment dans les parois du cône sous la pression des matières en fusion qui s'élèvent dans la cheminée.—En certaines régions volcaniques dites "solfatares" (soufrières), les fumerolles déposent du soufre cristallisé autour de la crevasse d'où elles sortent. Telle est l'origine des mines de soufre de la Sicile, où il s'en est tellement accumulé durant des siècles, que l'on peut aujourd'hui en retirer 300,000 tonnes par année.

Régime d'un volcan.—Certains volcans sont toujours en activité. Le Stromboli, des îles Lirip,a en offre un exemple : toutes les deux minutes, dans le cratère de ce volcan, la lave s'élève de 15 à 18 pieds, projette une pluie de cendres, et retombe. Mais, ordinairement, les volcans sont intermittents, c'est-à-dire passent par des périodes alternatives de repos et d'activité. Le volcan est dit "éteint", quand depuis longtemps il n'émet plus de laves, lors même qu'il rejetterait encore des gaz et de la vapeur d'eau.

Dans les phases de repos, le cratère du volcan est vide. Il arrive même que le fond du cratère, où aboutit la cheminée, soit comme fermé par une sorte de bouchon, nommé *culot* (Fig. 38), formé de matières solidifiées, et qui ne laisse passer que des vapeurs légères.

On nomme éruptions les phases d'activité d'un volcan. — Ces phénoménes sont précédés de signes avant-coureurs. Il se produit des explosions qui paraissent venir du cratère, accompagnées de bruits souterrains. Tout le pays d'alentour éprouve des trépidations. Observons ici que si le pays volcanique subit souvent des tremblements de terre, le volcan lui-même n'en est pas la cause ; tout au plus peut-

on dire que les séismes et les éruptions se produisent fréquemment dans des localités voisines, parce que les deux sortes d'événements ne peuvent avoir lieu qu'aux endroits où l'écorce terrestre est plus faible et plus exposée aux cassures, dans les mêmes régions, par conséquent. Quoi qu'il en soit, il faut ajouter aux signes avant-coureurs déjà énumérés : le tarissement des puits, et l'inquiétude que manifestent les animaux. En même temps, s'élève du cratère une colonne plus noire et plus épaisse, composée de gaz, de vapeur d'eau et de cendres, qui forme panache dans les airs. Puis des explosions plus fortes se produisent : c'est le culot qui saute, sous la pression des gaz sous-jacents ; c'est même parfois, comme cela arriva au Vésuve, en 79, tout le sommet de la montagne qui s'arrache, est projeté en l'air et tombe en débris. Délivrée de tout obstacle, la colonne de fumée monte plus haut dans les airs, et poussée avec une telle puissance que le vent le plus fort ne la fait pas fléchir. La hauteur de cette colonne peut être très considérable : celle du Vésuve s'est élevée jusqu'à plus de 9000 pieds ; celle du Cotopaxi, dans les Andes, atteignit, en 1877, jusqu'à une trentaine de mille pieds. Durant la nuit, à cause des reflets de la lave incandescente du cratère, on dirait d'une colonne de feu. Il éclate parfois des orages dans le panache, et les éclairs le sillonnent.

La lave s'échappe du cratère, le plus souvent des crevasses qui s'ouvrent sur les flancs du cône, et s'avance vers les vallées avec une vitesse proportionnelle aux pentes sur lesquelles elle coule. Au Vésuve, en 1776, une coulée de lave s'avançait d'environ 7 pieds par seconde, tandis que, au même volcan, en 1822, une coulée ne parcourait qu'environ 5 pieds à l'heure.

Il arrive un moment, après une période violente plus ou moins prolongée, où l'activité du volcan diminue : peu à peu, la lave cesse de couler, les explosions s'espacent et cessent tout à fait, la colonne de fumée n'est plus qu'une vapeur légère. Le volcan entre alors dans la phase du repos, qui durera plus ou moins longtemps. Il n'est pas possible de prévoir combien peuvent durer ces repos d'un vol-

can. Tout ce que l'on sait, d'après l'expérience du passé, c'est qu'une éruption paraît être d'autant plus violente que le volcan a été plus longtemps en repos. Par exemple, lors de la terrible éruption de 79, on ne se rappelait pas que le Vésuve eût jamais été en activité ; de même, la montagne Pelée, à la Martinique, n'avait jamais eu d'éruption connue, à part une légère activité vers 1850, lorsqu'en 1902 ce volcan se réveilla soudain et détruisit en quelques minutes la ville de Saint-Pierre, capitale de l'île.

Pour ce qui est du NOMBRE des volcans, on en compte, sur toute l'étendue du globe, environ 325 qui ont eu des éruptions dans les trois derniers siècles, et environ 400 qui n'en ont pas eu dans les temps historiques.

Il importe de mentionner les volcans SOUS-MARINS qui ont quelquefois existé. Les cônes qui résultent des matières qu'ils rejettent peuvent s'élever assez pour devenir des îles. Le cas de l'île Julia, située à une certaine distance au sud de la Sicile, est l'un des plus remarquables. Cette île s'éleva, en juillet 1831, du sein de la mer jusqu'à une hauteur d'une soixantaine de mètres, après divers phénomènes volcaniques, et atteignit une circonférence d'une lieue environ. Cette île disparut au bout de six mois.

Si l'on étudie la RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE des volcans, on constate d'abord, au moins pour ceux qui sont actifs, qu'ils sont situés sur des îles, ou le long de la mer ; et ensuite que l'océan Pacifique en est entouré comme d'une chaîne continue. Du reste, à peu près tous les volcans sont distribués le long des grandes dépressions où sont contenus l'océan Atlantique, l'océan Pacifique, l'océan Indien, et la Méditerranée.

La mémoire des hommes ne saurait oublier jamais les GRANDES CATASTROPHES dont les éruptions volcaniques ont été plusieurs fois la cause. Enumérons ici les plus remarquables de ces événements.—*Eruption de l'Etna* (*Sicile*), en 1669. Après avoir comblé une vallée, la coulée de lave s'avança vers Catane, sur une largeur d'une demi-lieue et une hauteur de plus de 30 pieds, renversa un pan de muraille de la ville et y brûla plusieurs centaines d'édifices.

Cette éruption laissa sur la contrée une couche de lave, épaisse parfois de près de 100 pieds, et sur une étendue de 5 à 6 lieues carrées. — *Eruption du Scapta-Jockue* (*Islande*), en 1783. En cette éruption, les laves couvrirent une étendue estimée à 80 lieues carrées. Le fleuve de feu se rendit jusqu'à une distance de 18 lieues, sur une largeur de 4 à 5 lieues, et une épaisseur d'une centaine de pieds. — *Eruption du Jorullo* (*Mexique*), au milieu du 18e siècle. Dans une plaine cultivée, le terrain se souleva peu à peu, sur une étendue de plus d'une demi-lieue, jusqu'à près de 500 pieds de hauteur, et plusieurs cônes volcaniques en sortirent, dont l'un, le volcan de Jorullo, est élevé de près de 1500 pieds. — *Eruption du Vésuve*, en 79, dont nous avons parlé plus haut. — *Eruption de la montagne Pelée* (*Martinique*), en 1902. C'est l'une des catastrophes les plus terribles causées par les phénomènes naturels. La ville de Saint-Pierre et ses 40,000 habitants, ainsi que 17 navires ancrés dans la rade, furent brûlés en moins d'un quart d'heure par un ouragan de gaz, dont on estime la température à 400°C., sortis du volcan. Ces gaz lourds et noirs, que l'on a nommés " nuées ardentes ", étaient surtout composés de vapeur d'eau et de cendres incandescentes.

Théorie des éruptions volcaniques.—Il est tout naturel que l'on cherche à connaître quelle peut être la cause des phénomènes si remarquables de l'activité volcanique. Aussi, d'après la nature de ces phénomènes, on en propose diverses explications. Ces explications, qui forment la théorie des volcans, ne sont, à vrai dire, que des hypothèses : car la science ne dispose pas encore de moyens qui permettent de se rendre compte avec certitude de ce qui se passe dans les profondeurs du globe terrestre. Du reste, il est raisonnable de regarder comme sérieuses et dignes de fixer l'attention celles de ces hypothèses qui sont d'accord avec les faits constatés et qui en fournissent une explication vraisemblable. La théorie des volcans que nous exposerons ci-après réalise ces conditions et a pour elle l'adhésion du grand nombre des géologues. — Et voici, d'abord, des faits que leur évidence fait admettre de tous. 1°, Les volcans

sont toujours situés en des endroits où la croûte terrestre a été plus ou moins bouleversée par des plissements, des cassures, qui ont dû produire des fentes de profondeur plus ou moins grande et pouvant atteindre, par des voies plus ou

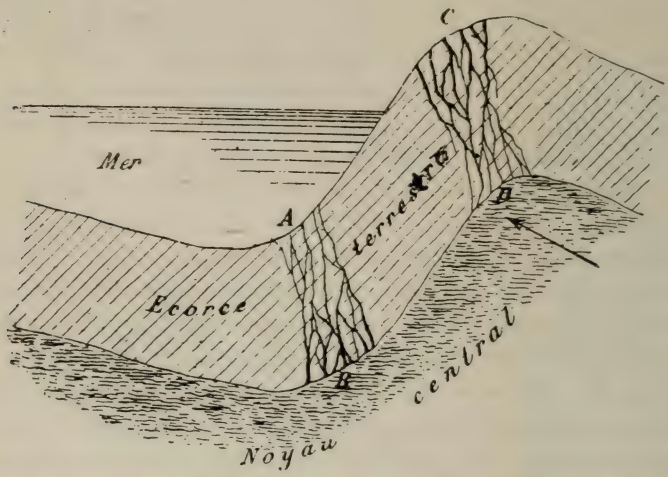


Fig. 39. — Où se trouvent les volcans terrestres (DC) et les volcans sous-marins (AB).

moins irrégulières, les couches intérieures et en fusion du globe terrestre. 2°, C'est toujours sur la pente la plus inclinée, le flanc le plus raide (Fig. 39, AC) des montagnes qu'existent les volcans. En ces endroits aussi sont les points de la courbure la plus grande, et par suite des crevasses plus nombreuses : là s'exerce donc surtout l'effort de la masse liquide centrale, et là se trouvent des fissures par où elle peut s'échapper plus facilement, sous l'effet de la pression intérieure. 3°, La plupart des volcans se rencontrent dans le voisinage des océans ; il y a même une proportion directe entre leur nombre et leur activité, d'une part, et, d'autre part, l'importance de la mer voisine. Aussi, dans toutes les théories explicatives des volcans, la vapeur d'eau joue un rôle considérable.

L'eau qui existerait dans les couches intérieures proviendrait soit du fait que les terrains sont restés plus ou moins

" hydratés " depuis leur formation au fond des mers dans les époques géologiques ; soit des infiltrations continuelles à travers les terrains ; soit surtout des fissures qui les ont fait pénétrer plus ou moins profondément.—Pour ce qui est de l'explication même des phénomènes des éruptions volcaniques, les partisans du *noyau central solide* du globe l'exposent de la façon que voici. Les eaux intérieures, surchauffées par la chaleur progressive des couches profondes, finissent par passer à l'état de vapeur et développer une tension assez forte pour produire des cassures dans la croûte de la surface, et y faire monter, avec plus ou moins de violence, les matières de l'intérieur que la diminution subite de la pression, causée par le poids des couches supérieures, a fait passer à l'état liquide ou du moins pâteux. De leur côté, ceux qui croient au *noyau central liquide*, et c'est la généralité des géologues, donnent, des éruptions volcaniques, l'explication suivante, qui est beaucoup plus vraisemblable et mérite davantage de fixer l'attention. D'après eux, un volcan n'est que l'ouverture, à la surface de la terre, d'une crevasse communiquant par des conduits plus ou moins réguliers avec la masse centrale en fusion, et par laquelle les matières incandescentes, gazeuses, liquides ou solides, montent et s'épanchent au dehors. Mais il faut expliquer par quelle force puissante les laves peuvent ainsi s'élever à travers les couches terrestres, qui sont en certains endroits très compactes. Il y a plus d'une manière de rendre compte de cette ascension. Par exemple, les matières incandescentes peuvent se trouver prises dans un plissement de la croûte terrestre, et, serrées dans ce pli qui détermine des cassures, s'échapper dans les crevasses qui se produisent. "Si elles ne rencontrent pas d'eau" en chemin, ces matières fondues arriveront doucement à l'orifice extérieur des crevasses et s'y épandront tranquillement. Des phénomènes de cette sorte se sont produits antérieurement, puisqu'on trouve, notamment en certaines régions de la France, des amas de laves solidifiées, sans aucune indication de cratères par où se seraient faits ces épanchements anciens de lave. Mais, d'autre part, "si les

matières en fusion ont rencontré de l'eau", soit imprégnant les couches traversées, soit surtout dans des cavités où l'infiltration l'aurait amassée : cette eau, au contact des substances incandescentes, passe subitement à l'état de vapeur et exerce, dans ces cavités et sur la surface des laves, une pression formidable qui les fait monter jusqu'au cratère avec tous les gaz provenant de l'eau de mer et qui s'y sont dissous. La pression diminuant à mesure que montent les laves, il arrive un moment où les gaz emprisonnés dans la lave se dégagent violemment, avec explosions, et projettent, en dehors de la crevasse et du cratère, toutes les matières liquides ou solides avec lesquelles ils sont en contact. C'est alors une éruption violente qui se produit, et qui cesse dès que s'est dégagée en dehors la vapeur d'eau qui en a été la cause, pour recommencer lorsque l'eau se sera ramassée de nouveau dans les cavités où les matières en fusion viendront, de nouveau, la transformer en vapeur et de nouveau provoquer la même série de faits. Il importe de remarquer qu'il y a, dans les phénomènes volcaniques, peu de détails que l'on ne puisse expliquer par cette hypothèse que nous venons d'exposer.

Phénomènes volcaniques accessoires. — Pour compléter le sujet des manifestations volcaniques, il faut signaler aussi quelques phénomènes que l'on peut considérer comme marquant la dernière phase des volcans qui s'éteignent. Les principaux de ces phénomènes sont : les *filons métallifères* et les *solfatares*, dont nous avons déjà parlé, les *sources thermales* et les *geysers*, sur lesquels nous dirons quelques mots.

"Sources thermales". Les sources thermales (dites aussi chaudes ou minérales) sont, pour la plupart, d'origine volcanique et proviennent des couches profondes de la croûte terrestre, où elles ont pris leur température, qui varie de 17° à 80°C., suivant les localités. Ces eaux, à cause de leur degré de chaleur et des gaz qu'elles contiennent, ont dissous, au moins en partie, les substances avec lesquelles elles sont venues en contact, et se sont ainsi chargées de

matières minérales ; aussi, on s'en sert en médecine pour combattre des maladies déterminées.

D'après les substances minérales qu'elles contiennent, on divise comme suit les sources thermales : Eaux *acidulées*, où domine le gaz carbonique (Seltz), utilisées dans la dyspepsie ; *alcalines*, bicarbonate de sodium (Vichy), maladies du foie et des voies digestives; *salines*, chlorure de sodium (Carlsbad), magnésium (Sedlitz Epsom) ; *sulfureuses*, hydrogène sulfuré (Cauterets, Enghien, etc.), maladies de la peau et des bronches, rhumatismes ; *ferrugineuses*, sels de fer (Spa, etc.), contre l'anémie.

" Geysers ". Par ce mot, qui signifie furieux, on désigne des sources intermittentes d'eau bouillante, où se trouvent en dissolution diverses substances minérales. Ces sources, qui se rencontrent en des régions volcaniques, ont comme les volcans une cheminée qui aboutit à un bassin.— La théorie des geysers rappelle un peu celle des volcans. L'eau, que l'infiltration amène dans la cheminée, rencontrant de la chaleur dans les couches profondes, entre en ébullition ; et la vapeur qui s'y forme peut rejeter violemment au dehors la masse d'eau qui se trouve au-dessus. Ce jet extérieur est intermittent, parce qu'il ne pourra se produire de nouveau qu'au moment où l'eau expulsée aura pu être remplacée par de nouvelles infiltrations. Souvent la silice ou le carbonate de chaux forment de belles incrustations autour des ouvertures du geyser.

Fig. 40. —Un geyser l'Islande.

Les geysers les plus remarquables se trouvent en Islande et aux États-Unis.— En Islande, il y en a une centaine dans une étendue de quelques milles. Le plus puissant,

le Grand Geyser, est situé dans les glaciers, au sommet d'un cône surbaissé, haut d'une trentaine de pieds, et constitué par une roche siliceuse déposée par ses eaux. La cheminée supérieure est élevée d'environ 70 pieds, aboutissant en bas à des crevasses irrégulières, en haut à un bassin d'une soixantaine de pieds de diamètre. L'eau de ce bassin, à température variant de 76° à 89° C., est tranquille d'ordinaire. Mais, toutes les 24 ou 30 heures, on entend des bruits souterrains, le niveau de l'eau s'élève jusqu'aux bords du bassin, et toute l'eau du bassin s'élance, en une colonne de 10 pieds de diamètre, jusqu'à plus de 100 pieds de hauteur. Après cette éruption violente, le bassin recommence à s'emplir. — Mais c'est aux États-Unis, dans le parc National de Yellowstone (Wyoming), que se trouvent les plus beaux geysers. Il y en a plus de 10,000, dont moins de cent sont en activité. Le geyser Géant, en particulier, lance son jet d'eau, durant deux heures environ, tous les six jours, et tout d'abord à une élévation de près de 800 pieds. — Il y a aussi des geysers en Nouvelle-Zélande.

QUATRIÈME PARTIE

GÉOLOGIE HISTORIQUE

Chapitre I

DE LA FORMATION DES MONDES. DE LA FORMATION DE LA TERRE

Après avoir exposé, avec assez d'étendue, quelle est la forme de la Terre, quels accidents diversifient sa surface, quelles substances en constituent la masse, les principaux phénomènes dont elle est actuellement le siège, il convient d'étudier maintenant par quelles transformations, par quelles étapes elle a passé pour arriver à son état présent. En un mot, il s'agit de faire ici un résumé de l'histoire de la Terre. Il est, sans doute, superflu de faire observer que, l'homme n'étant apparu sur le globe terrestre qu'après que ce séjour fût devenu, par toute la série de ses principales modifications, propre à le recevoir, l'historique de la Terre ne saurait être assimilé aux récits ordinaires, qui s'appuient sur des témoignages oculaires, parlés ou écrits. On ne peut connaître les événements, antérieurs à l'homme, qui se sont passés sur la Terre, que par induction, c'est-à-dire en remontant des effets aux causes, en jugeant de ce que l'on n'a pas vu par ce que l'on voit, en inférant, de l'action des phénomènes actuels, celle des phénomènes des premiers temps et qui, étant de même nature, ont dû produire des effets semblables. On peut donc dire que la Géologie historique repose, elle aussi, sur des documents, documents qui sont les assises mêmes du globe terrestre, et qui, à mesure qu'ils seront mieux connus ou

mieux compris, fourniront des données de plus en plus certaines sur ce qui s'est passé en notre planète avant la venue du genre humain. En attendant, il appartient à chaque siècle de pénétrer, dans la mesure de ses moyens d'investigation, le sens du livre écrit pour ainsi dire dans le sein de la Terre. Grâce au progrès des investigations scientifiques et industrielles, notre époque est parvenue à connaître d'une manière satisfaisante les conditions extérieures et intérieures de la planète. Et les conjectures ou les hypothèses que l'on admet aujourd'hui, et sur lesquelles on s'appuie pour connaître et pour raconter les événements terrestres antérieurs à l'homme, méritent d'être acceptées, sinon sans doute avec une certitude absolue, du moins avec une confiance justifiée par les recherches, les découvertes et les expériences qui ont servi à les établir. Il n'y a qu'un seul de ces événements, relatifs à l'histoire de la Terre, qui puisse et qui doive être accepté avec une foi certaine : celui de la création de la matière, organique et inorganique. Ce fait de l'action d'un Créateur, qui a tiré du néant toute matière et toute vie, est mis hors de tout doute par l'enseignement soit de la religion révélée, soit de la saine philosophie.

Pour ce qui est de la formation, à même cette matière primitive, de tous les astres qui roulent dans les espaces, et en général de tous les corps qui existent dans la nature, il n'y a aucun doute que le Tout-Puissant aurait pu leur donner par une action directe et immédiate l'arrangement et les constitutions que nous leur connaissons aujourd'hui. S'il s'agit de la Terre, par exemple, Dieu aurait pu la former tout d'un coup telle que nous la voyons : avec ses inégalités de relief, avec ses montagnes et ses dépressions, avec ses couches rocheuses superposées et plissées de diverses manières, etc. Mais tel n'est pas le mode ordinaire de l'action de la Providence, qui a plutôt contume de se servir d'intermédiaires, des " causes secondes ", pour arriver à ses fins. Ce qu'il faut admettre comme étant plus conforme à l'action divine habituelle dans le gouvernement de l'univers matériel, c'est que, la matière une fois créée, douée de certaines propriétés, et soumise à certaines lois, Dieu a

laissé agir suivant leur nature ces propriétés et ces lois ; et que, dans la suite des temps et par l'action de ces agents, l'univers s'est organisé et constitué tel que nous le connaissons aujourd'hui. Loin d'être diminuée à nos yeux par ce mode d'action, la toute-puissance divine doit au contraire nous inspirer une plus grande admiration. — L'ingénieur, capable d'établir une machine qui exécute parfaitement le travail qu'il aurait pu accomplir de ses mains, ne nous paraît-il pas plus intelligent et plus habile que s'il accomplissait son œuvre directement et par lui-même ?

C'est l'objet de la Géologie historique de découvrir et de raconter comment, sous l'action des propriétés et des forces de la matière, la Terre a pu se former, s'organiser et parvenir à l'état où nous la voyons aujourd'hui.

De la formation des mondes. — Au cours des siècles passés, comme aussi à notre époque, les savants et les philosophes ont imaginé beaucoup de systèmes pour expliquer de quelle manière l'univers visible s'est constitué comme il est, sous l'action des propriétés et des forces dont le Créateur a doué la matière. Toutes ces hypothèses se sont remplacées les unes les autres, à mesure que l'observation de quelque fait nouveau venait déranger l'économie de chacune d'entre elles et démontrer qu'elle était improbable ou impossible. Nous sommes donc ici en un domaine où la certitude n'existe pas, et où l'on ne doit s'arrêter à une théorie, à un système, qu'à proportion de ce que l'on peut par son moyen se rendre compte du plus grand nombre des faits et des conditions dont on connaît l'existence.—Voici, dans ses grandes lignes, l'exposé sommaire d'une récente hypothèse, celle de M. du Ligondès, appuyée par la grande autorité de l'abbé Moreux, directeur de l'Observatoire de Bourges (France), lequel témoigne que cette théorie explique parfaitement tous les détails de l'organisation du monde matériel.

A l'origine, toute la matière créée constitue "une nébuleuse presque ronde, obscure et complètement froide", dont les éléments sont dans un état d'extrême diffusion. — La froideur, ou l'absence de toute chaleur, dans cette masse

diffuse, résulte de l'absence de tout mouvement.—La matière étant inerte par elle-même, il a fallu que la nébuleuse originelle reçût une impulsion étrangère à elle-même, pour que le mouvement s'y produisît. Dieu seul a pu donner cette impulsion initiale à la matière, soit au moment de sa création, soit plus tard. — Pour que le mouvement s'établît dans tout l'immense système, il a suffi que, par la volonté du Créateur, des centres d'attraction fussent disséminés en divers points de la masse diffuse : la loi d'attraction, formulée par Newton, met alors tout en mouvement, et les principes de la mécanique, entrant en jeu, amènent à la longue l'état du monde sidéral tel que nous le connaissons. — Par exemple, l'étude des lois de la mécanique montre que la sphère originelle a subi d'abord un aplatissement, et que, par la résistance des matériaux à suivre le mouvement général, elle a fini par prendre " une forme vaguement spiraloïde " (la plupart des nébuleuses actuelles ont de la sorte une structure en spirale). — Par suite du mouvement propre de la spirale immense, des portions se sont détachées de la nébuleuse primitive, pour devenir des nébuleuses plus petites et finalement, par la condensation opérant en des points particuliers, des amas de corps célestes distincts. — Le groupe planétaire auquel appartient la Terre, et dont le soleil est le centre, fait partie de l'un de ces amas stellaires, situé non loin du milieu de tout le système mondial et qui est donc l'aboutissement d'une nébuleuse particulière détachée de la grande nébuleuse originelle : cette nébuleuse particulière ayant subi, elle aussi, un aplatissement, étant devenue une sorte de disque qui s'est divisé ensuite en anneaux, " dont chacun par sa dislocation a donné naissance à une planète."

De la formation de la Terre.—L'anneau nébuleux, qui est devenu la planète que nous habitons, contenait dès l'origine toutes les molécules qui ont composé la Terre. Dès que, pour une cause quelconque et en un point quelconque, il se produisit un rassemblement de molécules, cette masse elle-même exerça sa force d'attraction sur les autres molécules qui vinrent la grossir peu à peu. — Par suite de ces

chocs des molécules " tombant " sur la masse centrale, une énorme chaleur se développe, et le noyau déjà formé, qui grossit sans cesse, devient une boule incandescente. C'est, pour notre Terre, la période *stellaire*, où elle brille d'un vif éclat. —Le froid des espaces agit peu à peu sur la surface du globe igné, laquelle progressivement perd de sa chaleur par le rayonnement. Ce refroidissement continu a pour effet de solidifier la surface de la sphère incandescente. C'est, pour la Terre, le commencement de sa période *planétaire*, où elle n'est plus qu'un astre éteint. — La masse centrale continuant, quoique avec une extrême lenteur, de se refroidir, l'écorce extérieure s'épaissit peu à peu et subit des plissements pour rester ajustée sur le noyau intérieur qui, en se refroidissant, diminue de volume. — Des vapeurs de métaux volatilisés, poussés en dehors du globe igné sous la pression formidable des gaz intérieurs, entouraient d'abord le globe comme d'une atmosphère de feu. Ces vapeurs, sous l'action du refroidissement, se liquéfient, tombent sur l'écorce terrestre, coulent en fleuves métalliques dans les dépressions de la surface, et s'y solidifient en amas, qui, avec les poussées liquides provenant de l'intérieur et solidifiées ensuite, sont les mines de l'avenir. — A la fin, il ne reste plus autour du globe terrestre qu'une atmosphère chargée de vapeur d'eau, laquelle se condense à son tour, tombe à l'état de pluies bouillantes qui oxydent les métaux et désagrègent les substances les moins résistantes, dont les débris se déposent en lits plus ou moins réguliers au fond des eaux qui se sont amassées dans les dépressions. La croûte terrestre s'épaissit encore de la sorte, avec ses roches *éruptives* ou *ignées* et ses roches *sédimentaires*. Bientôt, le Créateur y distribue la vie, animale et végétale. Le séjour de l'homme est prêt à le recevoir !

———

Chapitre II

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCORCE TERRESTRE

On évalue à une moyenne de 50 ou 60 kilomètres l'épaisseur qu'a atteinte aujourd'hui, au bout de milliers et peut-être de millions d'années, l'écorce terrestre. Le noyau central lui-même aurait un diamètre de 12 à 13,000 kilomètres. La croûte solide ne peut plus s'épaissir beaucoup rapidement, par l'intérieur, du moins : l'obstacle qu'elle oppose au refroidissement du noyau central ne lui laisse perdre actuellement qu'un tiers de degré par siècle.

L'un des faits les plus curieux de l'étude de la croûte terrestre, c'est le mouvement de dilatation et de contraction que cette écorce, si rigide et si solide en apparence, éprouve chaque jour, C'est l'attraction du soleil et de la lune qui produit ce gonflement et ce dégonflement quotidiens, que l'on dirait être un mouvement de respiration. Ce mouvement continu de la surface du globe, qui élève et abaisse deux fois tous les jours le niveau des mers et des continents, peut atteindre une amplitude d'environ 16 pouces ; sa lenteur et sa régularité l'empêchent d'être perceptible ou sensible.

C'est la croûte terrestre qui forme l'objet principal de la Géologie, l'étude directe du noyau central étant évidemment impossible et la coulée des volcans pouvant seule nous renseigner sur sa composition et sa température. Nous ne pourrions même connaître jusqu'à une profondeur bien considérable l'état de la croûte terrestre elle-même, si les cassures que la contraction lui a fait subir n'avaient mis à notre portée ses couches profondes elles-mêmes. Et le premier fait qui se dégage de l'étude de ces couches, c'est qu'elles se sont formées ou déposées successivement les unes sur les autres. Toutefois, la stratification différente de l'une à l'autre, et surtout les empreintes d'animaux et de végétaux qu'elles ont conservées, et qui indiquent pour chacune comme une faune et une flore spéciales, permettent d'établir entre elles un ordre assez défini qui distribue la durée

de leur formation en *époques* distinctes. La série de ces époques successives, la formation et la constitution des terrains propres à chacune, les animaux et les végétaux qui y ont vécu : telle est, pour ainsi dire, l'ossature de l'histoire de la Géologie qu'il est possible aujourd'hui de tracer avec assez d'ampleur.

CLASSIFICATION DES TERRAINS GÉOLOGIQUES.—Il est d'abord à remarquer que, dans les divisions entre lesquelles on partage l'épaisseur de l'écorce terrestre, on laisse de côté la première croûte solide produite par le refroidissement initial : et cela parce que l'on ne peut la connaître telle qu'elle était. En effet, dès que les lourds nuages composés de matières minérales vaporisées et de vapeur d'eau ont pu se liquéfier et tomber en pluies incandescentes, la mer bouillante, formée par ces pluies et qui a recouvert tout le globe à un certain moment, a attaqué chimiquement toute la surface de la première croûte. Par cette action chimique universelle, il s'est formé — au-dessus de la croûte originelle et aux dépens de ses débris divers — une foule de corps qui se déposèrent, en cristallisant, au fond de l'océan universel et bouillant. Ces dépôts cristallisés, la roche qu'ils constituent, c'est ce qu'on désigne sous le nom de TERRAINS PRIMITIFS OU ARCHÉENS (dits aussi *éozoïques* et *azoïques*). On ne connaît donc l'écorce première que par ses débris, dont se sont formés les terrains archéens.

Sur ces assises primitives, se sont déposés lentement et successivement les sédiments qui ont constitué les roches (siliceuses, argileuses, calcaires) composant les terrains dits *sédimentaires*. On partage—surtout à l'aide des fossiles qui nous renseignent sur les faunes et les flores successives qui ont existé dans ces âges anciens—en quatre grandes divisions, ou ÉPOQUES, les temps géologiques où se sont formés les terrains sédimentaires. Par ordre d'ancienneté, c'est-à-dire en partant de la plus grande profondeur, ce sont les époques PRIMAIRE, SECONDAIRE, TERTIAIRE et QUATERNAIRE. Telle est la division en " époques ", universellement admise en géologie, de l'ensemble des temps géologiques.

Chaque époque se subdivise elle-même en ÉTAGES, nommés aussi *périodes* ou *systèmes*.

Le tableau suivant—qu'il faut lire de bas en haut—donne une idée d'ensemble des divisions et des principales subdivisions de la croûte terrestre, dont il sera traité dans les chapitres suivants.

LES ÉPOQUES GÉOLOGIQUES, LEURS PRINCIPAUX ÉTAGES ET SOUS-ÉTAGES

		Époques	Étages (nommés aussi : *périodes, systèmes*).	
Formations	sédimentaires	4. Quaternaire (actuelle)	Terrasses. Champlain. Glaciaire.	
		3. Tertiaire	Pliocène. Miocène. Oligocène. Eocène.	
		2. Secondaire	Crétacé. Jurassique. Triasique.	
		1. Primaire	Permien. Carbonifère, Dévonien Silurien.....	 Silurien. Cambro-silurien. Cambrien.
	Ignées	Archéenne	Huronien Laurentien . .	 Supérieur *ou* labradorien. Inférieur.

Durée des ages géologiques.—On s'est demandé, avec une curiosité très légitime, combien de temps s'est écoulé depuis que, sur l'écorce terrestre suffisamment refroidie et solidifiée, ont pu apparaître les premières manifestations de la vie, animale ou végétale. En d'autres termes, on a cherché à calculer quelle a été la durée des temps géologiques, après l'âge archéen.—On peut croire, d'après tout ce que l'on connaît de la nature de la croûte terrestre et de la lenteur des modifications qui s'y opèrent, qu'il a fallu des dizaines de millions d'années pour qu'elle arrivât à son état présent. Et c'est là tout ce que la science peut dire de la durée *absolue* des temps géologiques. Quant à la durée *relative* des époques géologiques, on admet généralement l'estimation suivante du naturaliste américain Dana (1813-1895) : l'époque " tertiaire " étant représentée par le chiffre 1 (million), l'époque " secondaire " doit l'être par 3, et l'époque " primaire " par 12. Par où l'on voit que la primaire a été trois plus longue que les deux autres réunies. Et pour ce qui est de l'époque " quaternaire ", qui est la nôtre, comme il est très probable que l'Homme est apparu sur le globe terrestre dès le commencement de cette ère, la durée de cette époque se confond à peu près avec celle du genre humain. En tout cas et à ce qu'il semble, on peut dire que tous les événements géologiques qui se sont passés depuis la fin de l'époque tertiaire peuvent tenir dans une durée d'au plus quelques dizaines de milliers d'années. Quoi qu'il en soit, on estime aujourd'hui, assez généralement, que l'âge probable du genre humain est de neuf à dix mille années.

Concordance de la cosmogonie mosaïque et de la géologie.—Les ennemis de la foi catholique n'ont pas manqué de tirer profit des découvertes de la Géologie, pour battre en brèche l'autorité des Saintes Écritures. En effet, à première vue, le récit que Moïse a tracé, dès les premiers versets de la Genèse, de l'œuvre de la Création, ne paraît pas s'accorder avec la série des événements géologiques, dont le globe terrestre a été le théâtre et que la science a pu établir d'une manière à peu près certaine. — A celà on peut

répondre, 1°, à priori, qu'il ne saurait y avoir de véritable conflit entre les Saintes Écritures, qui ont été écrites sous l'inspiration de Dieu, et les constatations certaines de la science ; et que, par conséquent, s'il paraît y avoir divergence entre les unes et les autres, la cause en est : ou bien que l'on interprète mal les paroles du texte sacré, ou bien que les investigations de la science ont été fautives sur quelque point, et devront donner d'autres indications dans un avenir quelconque ; 2°, que l'objet de l'écrivain sacré n'a pas été d'écrire un livre scientifique, mais bien plutôt de donner au peuple de Dieu un enseignement religieux qui le préservât des erreurs qui avaient cours chez les peuples contemporains ; et que, partant, pour se faire entendre de ceux à qui il s'adressait, il a parlé, sur le sujet des origines de l'univers comme sur les autres sujets, d'une manière conforme au langage usité de son temps et dans son milieu.

Mais il est permis, en cette matière, d'aller beaucoup plus loin, et d'affirmer que, si l'on veut, comme il convient le mieux, prendre les choses au sens large, et, notamment, entendre — comme cela se fait universellement aujourd'hui — les " jours " marqués dans le récit biblique comme étant des périodes indéterminées de temps, il existe une véritable concordance entre la cosmogonie mosaïque et la classification géologique. Le tableau suivant donne, d'un coup d'œil, la preuve de cet accord, dans les grandes lignes, entre la Bible et la Géologie :

TABLEAU COMPARÉ DES ÉPOQUES GÉOLOGIQUES ET DES JOURS MOSAÏQUES

ÉPOQUES GÉOLOGIQUES	*Vie organique*	JOURS MOSAIQUES	*Vie organique*
Quaternaire	L'Homme.	6e et 7e	L'Homme.
Tertiaire	Mammifères.	6e	Mammifères. Reptiles.
Secondaire	Oiseaux. Reptiles. Reptiles volants.	5e	Poissons Oiseaux.
Primaire	Plantes. Poissons. Mollusques.	3e	Plantes.
Archéenne	*Traces douteuses.*	1er et 2e	

S'il y a de légères divergences, dans l'apparition des êtres vivants sur la Terre, entre la série biblique et la série géologique, il faut, pour les expliquer, tenir compte du fait que Moïse ne s'est pas proposé, en commençant la Genèse, d'y écrire un chapitre de géologie. Il faut, en outre, observer que la classification des diverses couches de la croûte terrestre, telle qu'établie par les géologues, est plus ou moins arbitraire et artificielle, et toujours sujette à revision suivant le progrès des investigations et des découvertes. C'est ainsi que longtemps on s'est étonné de voir, dans le récit biblique, la lumière créée dès le premier jour, lorsque la création du soleil, de la lune et des étoiles n'eut lieu qu'au quatrième jour. Les savants ont pourtant fini par constater, à notre époque, que le fluide lumineux est indépendant du soleil et des autres astres, quoiqu'ils en soient pour ainsi dire les excitateurs, comme le sont aussi d'autres corps célestes et terrestres.

— Dans les chapitres suivants, nous traiterons successivement des cinq époques géologiques, en donnant toutefois plus d'attention aux époques Archéenne, Primaire et Quaternaire, auxquelles appartiennent tous les terrains de la province de Québec.

Chapitre III

ÉPOQUE ARCHÉENNE [1]

La première écorce terrestre, qui se forma sur le globe liquide et incandescent, fut le résultat de la déperdition de chaleur causée par le froid des espaces. Cette croûte primitive a continué de s'augmenter lentement *par l'intérieur*, à proportion de ce que le refroidissement a pu pénétrer jusqu'à la couche centrale liquide et en faire solidifier progressivement la surface. L'observation directe faisant ici complètement défaut, il n'est pas possible de connaître la composition de cette croûte première. Toutefois, il n'est pas imprudent de croire qu'elle est constituée par des roches cristallines, étant donné qu'elle s'est formée sous des températures extrêmement élevées. On peut aussi admettre que les granits, les porphyres et autres roches ignées, que les volcans, les cassures ou les écroulements des terrains ont fait comme remonter à travers les couches supérieures, venaient bien de ces profondeurs énormes ; mais cela n'est que probable. Et, en définitive, il est impossible pour le géologue d'affirmer quoi que ce soit, et avec certitude, touchant la nature de la croûte qui recouvrit tout d'abord le globe terrestre.

En tout cas, il vint un moment où, grâce à l'abaissement de température, l'énorme masse des vapeurs atmosphériques passa à l'état liquide et tomba, à l'état de pluies torrentielles, sur la surface déjà figée de la Terre. Alors les

---

(1) Dite aussi : *azoïque, éozoïque, précambrienne.*

cours d'eau qui se produisent, les inondations irrésistibles qu'ils occasionnent, agissent avec violence sur cette surface, arrachent et broient les uns contre les autres les quartiers de roc. . . Ces débris de la croûte première se déposent au fond des mers nouvellement formées, et constituent ce qu'on nomme la roche *archéenne*, dont le temps de formation porte le nom d'*époque archéenne*.

Ou se trouvent les roches archéennes. — Les premiers terrains, qui se formèrent sur l'écorce primitive, existent sans doute sur toute son étendue. Mais il s'est déposé par-dessus, au cours des âges postérieurs, tant de couches diverses, qu'ils ne sont pas actuellement visibles en beaucoup d'endroits. Le Canada est à cet égard bien partagé. En effet, une large bande archéenne encercle la baie d'Hudson, et va se joindre, par une langue étroite, à travers les Mille-Iles, jusqu'aux monts Adirondacks (État de New-York). Notre chaîne des Laurentides, les montagnes des Cantons de l'Est, dans la province de Québec, sont encore des formations archéennes. Pour ce qui est de l'Europe, on les trouve en France, en Allemagne, en Ecosse, et surtout dans les montagnes de la Scandinavie.

Fig. 41. — L'Amérique du Nord *archéenne*.

Étages et Sous-Étages. — Les formations archéennes se divisent en deux étages : le *laurentien* (subdivisé lui-même en deux sous-étages : laurentien *inférieur*, et laurentien *supérieur* ou *labradorien*) et le *huronien*. Tous les lits de ces terrains sont fortement plissés.

Le " Laurentien inférieur " comprend des schistes, des quartzites, des calcaires métamorphiques, et, comme minéraux utiles, du graphite, du mica, de l'apatite (région d'Ottawa) et du fer.

Le " Labradorien " (ou Laurentien supérieur), que l'on trouve au Château-Richer (près Québec), à Saint-Urbain de Charlevoix, au Saguenay, au nord de Montréal, contient de l'anorthosite et à peu près les mêmes minéraux que le Laurentien inférieur et, en plus, le fer titané (Saint-Urbain).

Le " Huronien " constitue les terrains miniers des Cantons de l'Est, et une bande qui, du lac Nipissing au lac Chibougamau, longe le nord des provinces de Québec et d'Ontario. Ce terrain est riche en minerais métalliques : il suffit, pour le prouver, de mentionner les mines d'argent de Cobalt, dont l'importance est bien connue. Le cuivre, le nickel, le fer oligiste, le cobalt, sont encore des minéraux que l'on trouve dans le Huronien.

La vie a l'époque archéenne.—Malgré le qualificatif d'azoïque (*a* privatif et *zoon*, animal) donné à cette époque géologique, on admet que la vie organique a existé dès ces premiers temps. Le graphite (variété opaque de carbone) du Laurentien inférieur indique assez l'existence du règne végétal dans le terrain le plus profond. Le Huronien nous présente des mollusques fossiles. Si, d'ailleurs, ces couches anciennes n'offrent pas plus de traces de la vie organique, il n'en faut pas être surpris ; il s'est produit dans ces terrains, en effet, des actions chimiques et mécaniques d'une telle énergie, que les empreintes plus ou moins délicates d'animaux et de plantes n'ont pu se maintenir que par exception et par suite de circonstances particulières. On a pu toutefois reconnaître avec certitude, dans ces terrains, des échinodermes et des arthropodes, outre des mollusques.

Il convient de signaler ici la carrière de l'un de ces fossiles qui a illustré, durant un certain temps, la géologie canadienne, au point de fournir à l'époque archéenne une dénomination nouvelle (éozoïque). Il s'agit de l'*Eozoon Canadense*, trouvé en 1863 dans nos terrains laurentiens, et plus tard

en Europe. Les restes auxquels on a donné ce nom se composent de lames alternatives de calcaire et de serpentine, à travers lesquelles courent de nombreux canaux et canalicules, formant des loges où aurait habité un foraminifère de grande taille (rhizopode), et qui serait l'animal le plus ancien que l'on connaisse aujourd'hui. Les chambres de calcaire où se trouvait le corps de l'animal se seraient, après sa mort, remplies de serpentine dissoute dans l'eau. Les savants discutent encore aujourd'hui sur la réalité de ce fameux organisme. Mais la tendance plus générale est actuellement de regarder les productions dont il s'agit comme le simple résultat de la pénétration, sous une pression considérable, de la serpentine liquéfiée à travers les fissures de masses calcaires.

Fig. 42. — L'*Eozoon Canadense* Dawson.

Chapitre IV

ÉPOQUE PRIMAIRE [1]

Voici l'époque géologique la plus importante pour nous, puisque tous nos terrains de la rive sud-est du Saint-Laurent ont été formés durant la partie la plus ancienne de sa durée. Toute la surface du globe était alors soumise à une température élevée. Les terrains sont généralement très plissés, et composés de roches dures, qui sont des grès, des marbres, des schistes.

Un continent boréal (*Chaîne huronienne*), émergé des eaux, partait de ce qui est aujourd'hui le lac Huron, et s'étendait jusqu'à la Scandinavie d'abord, et ensuite jus-

(1) Dite aussi *paléozoïque*.

qu'à la Chine septentrionale. Des îlots épars, situés plus au sud dans la mer immense, représentaient certaines parties de la France actuelle.—La flore et la faune prirent, au cours de cette époque, un développement considérable. Pour en donner une idée, nous mentionnerons le fait que, en 1840, un géologue publiait les descriptions de 950 espèces animales que l'on avait trouvées à l'état fossile dans le seul étage du Silurien.—Dès ce temps du Silurien, il se forma une chaîne dite *Calédonienne*, qui courait du fleuve Saint-Laurent jusqu'à la Norvège, et parallèlement à la chaîne Huronienne.

A l'époque primaire, il y eut des phénomènes volcaniques très considérables, au cours desquels les roches éruptives ont passé à travers les fissures de la croûte terrestre et se sont solidifiées. C'étaient des granits, des diorites, et, en général, les roches porphyriques.

On partage les formations primaires en quatre étages, qui sont, à partir des couches les plus profondes (1), le *Silurien*, le *Dévonien*, le *Carbonifère* et le *Permien*.

Art. 1. — Étage silurien

L'exemple le plus remarquable de cet étage se trouve en Angleterre, dans le pays de Galles, dont les habitants se nommaient Silures ; et c'est pourquoi du nom de ce peuple est venue la désignation de l'étage lui-même.

Au commencement même de la période silurienne, des bouleversements considérables se produisirent et eurent pour effet de séparer la surface de l'Amérique du Nord en deux bassins distincts. La ligne de séparation, entre ces deux bassins, partage la province de Québec en deux régions presque égales, depuis le lac Champlain jusqu'au golfe Saint-Laurent : elle traverse le fleuve un peu à l'ouest de Québec, passe sous la ville, suit la rive nord de l'île d'Orléans et ensuite le lit même du fleuve jusqu'à l'océan. Le bassin

(1) Il importe de remarquer ici, une fois pour toutes, que dans la Géologie historique on procède toujours de la sorte, c'est-à-dire à partir des terrains les plus profonds.

oriental, situé à l'est de la ligne de séparation, contient les couches les plus anciennes et aussi les plus bouleversées.

On a divisé le Silurien en trois sous-étages : le *cambrien*, le *cambro-silurien*, et le *silurien proprement dit*, sur chacun desquels nous donnerons quelques détails.

1° *Le Cambrien.* Cette désignation vient de l'ancienne Cambrie (région de l'Angleterre aujourd'hui nommée Cumberland). La couche géologique ainsi appelée, et qui se montre en des points isolés au sud du Saint-Laurent, de Québec au Golfe, se compose de schistes, d'argiles durcies et de matières quartzeuses, qui se mêlent plus ou moins aux roches ignées primitives, sur lesquelles ils reposent. Ni le sol, formé surtout de roches éruptives, ni la mer, dont les eaux contenaient en abondance les matériaux dissous ou en suspension, n'étaient beaucoup propres, au cours de cette période, à la vie végétale ou animale. Aussi n'y trouve-t-on que peu de fossiles, qui sont des algues, pour le règne végétal, et, pour le règne animal, quelques madrépores (polypiers, coraux).

2° *Le Cambro-Silurien.* C'est dans cette formation que se trouvaient les puissantes assises que Logan nommait " Groupe de Québec ", désignation qu'on n'applique aujourd'hui qu'à des couches très restreintes.—Des argilites, souvent colorées, des calcaires, des grès, etc., constituent le cambro-silurien.—On donne le nom de *Trenton* à une série de lits, abondant en fossiles (trilobites, graptolites), offrant souvent des traces de pétrole, et que l'on trouve au nord du Saint-Laurent (de la Malbaie à Montréal), à Chicoutimi et dans la région du lac Saint-Jean. On trouve aussi le Trenton dans la région de Saint-Hyacinthe.—Encore au lac Saint-Jean, et de la Malbaie à Montréal sur le côté nord du fleuve, il y a une autre série de lits nommés *Rivière-Hudson*, subdivisée en formations *Utica*, *Bird's Eye* et *Black River*. Des argilites et des grès constituent généralement ces terrains.—Dans les lits Trenton et Rivière-Hudson, au centre de la province de Québec, on a constaté la présence de réservoirs de *gaz naturel*. Un puits creusé à Saint-Grégoire

(Nicolet), en 1885, donna jusqu'à 250,000 pieds cubes de gaz par jour. En 1906 et 1907, on creusa des puits près de Louiseville et d'Yamachiche (Saint-Maurice), et l'on commença l'exploitation industrielle du gaz qui s'en échappait. En 1910, on ouvrit aussi un puits à Saint-Amable (Saint-Hyacinthe), et l'on atteignit (à 1860 pieds) un fort courant de gaz. Mais il ne paraît pas que ces tentatives intéressantes aient donné jusqu'ici de résultats pratiques et durables. C'est ainsi, notamment, que les réservoirs du comté de Saint-Maurice étaient épuisés au bout de quelques mois. —A la fin de la période cambro-silurienne et sous une pression venant de l'est, les terrains ont été bouleversés par des plissements et des cassures ; sous ces influences, la ligne de séparation s'est nettement établie entre les deux bassins, oriental et occidental, de la province de Québec et du Canada en général.

Fig. 43. — Algue fossile du Silurien.

3° *Le Silurien proprement dit.* Les terrains de ce sous-étage se rencontrent surtout dans la région méridionale des États-Unis. Chez nous, ils existent, sous forme de calcaires, dans la Gaspésie et la Beauce. En France, ils fournissent des ardoises, des marbres colorés, du plomb argentifère. Dans le pays de Cornouailles, en Angleterre, on y trouve des minerais de cuivre et d'étain.

Les fossiles du Silurien.—Le règne végétal n'a été représenté, dans la période silurienne, que par des algues. Quant à la faune, elle comprenait surtout des éponges, des polypiers, des échinodermes, des annélides, des

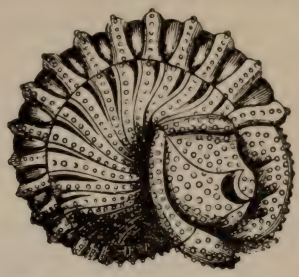


Fig. 44. — Trilobite du genre *Calymène*. (A droite, le crustacé est enroulé sur lui-même.)

mollusques, des scorpions à respiration aérienne, et des poissons. — Il convient de s'arrêter un moment sur les trilobites, crustacés marins dont l'organisme est le plus parfait de l'époque, et que l'on a pu appeler les "rois de la création" de ce temps. On les trouve en abondance dans les formations siluriennes de toutes les parties du monde. Non seulement ils ne ressemblent à aucun des groupes actuels des crustacés ; mais on ne constate plus leur existence après l'époque Primaire. Comme leur nom l'indique assez, leur corps se divisait en trois lobes principaux : la tête, le thorax et l'abdomen. On reconnaît, sur certains de leurs fossiles, jusqu'à leurs branchies et leurs pattes fines et articulées. On a pu compter près de 400 facettes sur leurs gros yeux. L'abdomen, divisé en trois par des sillons longitudinaux, se composait de segments imbriqués. De molles

Fig. 45. — Graptolites (polypes fossiles du Silurien et du Dévonien; les plus anciens organismes fossiles). *b* est le même que *a*, mais grossi.

lamelles, sur la face inférieure, servaient d'organes locomoteurs et même, probablement, respiratoires. Quelques trilobites, par exemple les calymènes, pouvaient se rouler en boule, comme moyen de défense, et ainsi que font les cloportes d'aujourd'hui.

Art. 2. — Étage dévonien

Le Dévonien paraît être comme une formation de transition entre le Silurien et le Carbonifère. Il est très répandu en Angleterre, surtout dans le Devonshire, d'où il a pris son nom. Le nord de l'Europe semble occupé, à cette période, par un vaste continent, marqué par la chaîne Calédonienne, dont il a déjà été question. Dans la province de Québec, on ne rencontre pas beaucoup le Dévonien ailleurs que dans la Gaspésie ; en Ontario, il existe abondamment autour du lac Erié. Ses terrains se composent de grès, de calcaire, de schistes et de marnes.

Les produits minéraux du Dévonien.—L'anthracite et le pétrole sont des produits caractéristiques du Dévonien.

L'*anthracite* a, comme la houille, une origine végétale, mais il est plus compact, plus brillant et d'une combustion plus difficile ; son pouvoir calorique est plus grand. Cette formation de l'anthracite démontre que, durant la période dévonienne, les terres émergées étaient recouvertes d'une végétation puissante.

Quant au *pétrole*, la façon dont il a pu se former est encore matière à discussion chez les savants.

Les calcaires profonds de la Gaspésie sont assez imprégnés de pétrole ; mais, ni là ni ailleurs dans notre Province, il ne semble y avoir, dans nos lits calcaires, de cavités où ce carbure ait pu s'accumuler en quantité exploitable. Dans Montmorency et au Lac Saint-Jean, on n'a fait que constater la présence du pétrole. C'est dans les provinces du Nord-Ouest et surtout dans Ontario que l'on rencontre cet-

te huile en plus grande quantité.—Dans les États-Unis, les États de Pennsylvanie, d'Ohio et de Virginie, et, en Europe, la région du Caucase, sont connus comme régions pétrolifères particulièrement riches.

Les fossiles du Dévonien.—On a trouvé, dans le Dévonien, plus d'un millier de fossiles différents, et cela indique que la population des mers était alors considérable. Par exemple, ce ne sont plus, à quelques exceptions près, les mêmes espèces que celles du Silurien, quoique les mêmes genres y soient présents. C'est ainsi qu'il y a encore des trilobites, mais en moindre nombre, et ce ne sont plus les mêmes espèces qu'à l'époque du Silurien. Ce fait remarquable de l'extinction complète d'espèces qui ont existé durant de longues périodes, et qui sont remplacées par de nouvelles espèces, n'est pas particulier au Dévonien; mais on le constate à maintes reprises au cours des époques géologiques. Il faut en conclure qu'à mesure que les conditions climatériques du globe terrestre se modifiaient et ne permettaient plus aux espèces vivantes d'y subsister, le Créateur est intervenu pour leur substituer des espèces organisées selon les conditions nouvelles, et qu'ainsi il y a eu des créations successives d'être vivants, sur la surface de la Terre.

La *flore dévonienne.* Il n'y a encore, à cette période, que des végétaux cryptogames, qui sont des algues, des fougères, des lycopodes (végétaux qui ressemblent à des sortes de mousses), des équisétacées (famille de nos prêles, dites vulgairement " Queues de rat, de renard, de cheval ").

La faune dévonienne. Pendant cette période dévonienne apparaissent pour la première fois les animaux vertébrés. Il s'agit d'un petit reptile, rapproché de nos salamandres (nommées improprement lézards, chez nous), long de 6 pouces, et qu'on a trouvé dans les grès d'Ecosse. Puis, c'est un crustacé, que l'on a longtemps classé parmi les poissons, et que l'on rencontre dans les calcaires d'Angleterre. Ce crustacé, nommé *Ptérichthys* (c'.-à-d. poisson ailé), avait la tête armée, dans l'espèce représentée ci-après, de deux cornes ; deux longues nageoires, que l'on

croirait des ailes, descendent sur ses côtés. La partie antérieure du corps était recouverte de plaques osseuses ; et la queue, d'écailles.

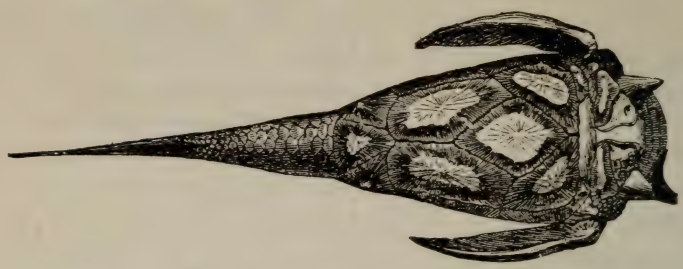


Fig. 46. — Le Ptérichthys.

Il y a aussi, dans la période dévonienne, abondance de mollusques, de coraux, de trilobites. Ces derniers sont toutefois en décroissance, et vont disparaître à peu près complètement avec la fin de la période elle-même.

Art. 3. — Étage carbonifère

Cette période est ainsi nommée parce qu'elle fut principalement marquée par la formation de la houille ou charbon de terre. La houille avait d'ailleurs commencé à se former dès la période dévonienne, et cette formation s'est continuée, sur quelques points, jusque dans l'époque Secondaire.—Durant la période carboniférienne, le sol a subi des mouvements considérables, dont le résultat fut la formation, au nord de l'Europe, d'une nouvelle chaîne au sud des chaînes Huronienne et Calédonienne. Des lambeaux de terre émergent un peu partout dans l'Europe occidentale, sur l'Allemagne, la France, l'Italie, la Belgique, la Scandinavie, l'Angleterre et l'Ecosse. Le continent américain, de son côté, continue d'émerger vers le sud ; et dès le commencement du Carbonifère, la province de Québec est

constituée à peu près dans son état présent. Toutefois, la formation carbonifère elle-même n'existe nulle part dans notre Province, excepté dans la Gaspésie, où il y a un sous-étage de cette période, mais sans aucun dépôt houiller. Il ne faut donc pas compter trouver jamais, dans la province de Québec, des mines de charbon, ni prendre pour de la houille les filons de bitume que l'on peut trouver en quelques endroits. Par contre, la formation houillère est considérable dans nos provinces de la Nouvelle-Ecosse, du Nouveau-Brunswick et de l'Ouest, de même que, en dehors du Canada, dans les États-Unis, en Angleterre, en Belgique, en France, etc.

La faune carboniférienne. Durant cette période, où s'éteignent de plus en plus complètement les trilobites, exis-

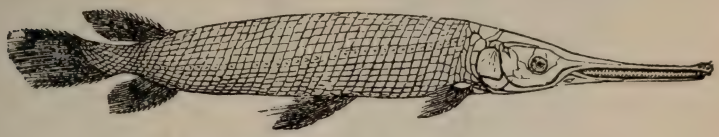


Fig. 47. — Lépidostée.

tent en abondance les mollusques, les poissons, les squales ou requins, les sauroïdes (dont l'un des deux seuls représentants actuels est le lépidostée du haut Saint-Laurent et du lac Saint-Pierre), les polypiers, les foraminifères, les échinodermes. On voit apparaître les myriapodes, les scorpions, les araignées et les insectes. Parmi ces derniers, les plus nombreux sont les orthoptères. Mentionnons spécialement le curieux insecte nommé *Eugéréon*, dont la trompe est d'un hémiptère, et les ailes d'un névroptère. Enfin, la première

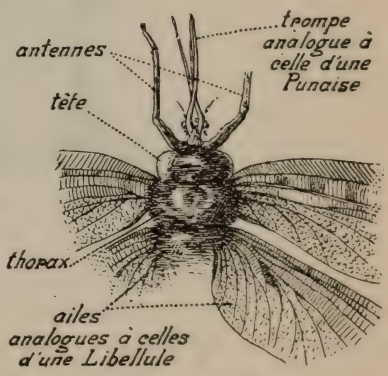


Fig. 48.—*Eugéréon*, insecte fossile du Carbonifère.

apparition des quadrupèdes caractérise la période carbonifère : ce sont des batraciens, dont ces espèces primitives sont toutes éteintes aujourd'hui.

Fig. 49. — Cordaïtes.

La flore carboniférienne. Les fossiles du règne végétal qui datent de la période carbonifère sont tellement nombreux et si bien conservés, que l'on peut en tracer la flore avec autant d'assurance que l'on établit celle des plantes actuellement vivantes. Et ce que nous disent ces sortes

d'archives écrites dans le sol ancien, c'est que, après la période dévonienne, la surface des terres émergées se couvrit d'une végétation merveilleusement luxuriante, telle que les régions tropicales peuvent à peine nous en donner une idée aujourd'hui. Une atmosphère extraordinairement chaude et humide, et toute imprégnée de gaz carbonique : telles sont les conditions qui régnaient alors, et qui expliquent ce développement inouï du règne végétal, — lequel toutefois, fait étrange, fut moins accentué dans ce qui est aujourd'hui la zone torride : et cela ne peut se comprendre qu'en admettant que si l'air y était plus chaud, il était aussi plus sec que dans les autres régions. De façon générale, on peut dire que la végétation, et donc aussi le climat, étaient alors à peu près uniformes sur tout le globe. Les formations ligneuses des arbres du temps ne présentant pas de couches concentriques, on peut en conclure que les saisons n'étaient pas encore beaucoup distinctes, et que la végétation se poursuivait sans arrêt. Il n'y a pas encore, sans doute, de plantes à fleurs, et ce sont des cryptogames qui croissent partout ; mais quelle végétation gigantesque ! " Des herbes ressemblant à nos fougères arborescentes aux troncs dénudés (1) s'élancent droites comme d'énormes sapins et portent dans les airs leurs bouquets de larges feuilles, à l'instar de nos plus hauts palmiers. Les *lépidodendrons*, lycopodes gigantesques, étalent à 30 mètres de hauteur leurs nombreux rameaux terminés par d'énormes intumescences semblables à la fleur du chardon.—

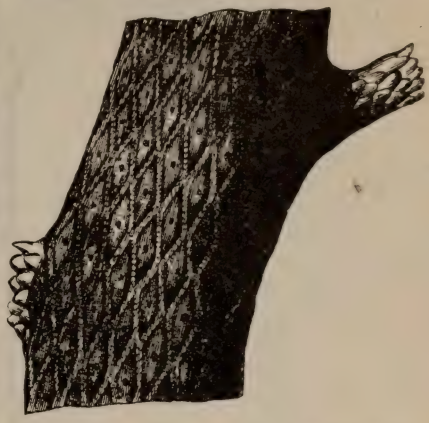


Fig. 50. — Tronc du Lépidodendron. (Hauteur : 90 pieds.)

(1) Les fougères d'aujourd'hui, à part quelques espèces des régions tropicales, n'ont guère plus que deux ou trois pieds de hauteur. A.

D'immenses *sigillaires* de 30 mètres de haut s'élèvent en colonnes pressées. Tantôt leur forme rappelle un champ d'as-

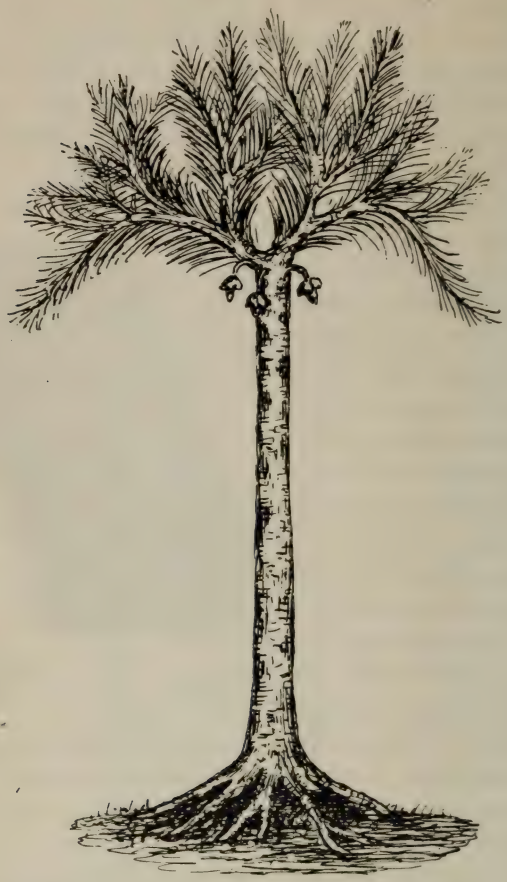


Fig. 51. — Sigillaire. (Hauteur : 90 pieds.)

perges fantastiques préparées pour un repas de Titans ; tantôt leurs extrémités s'entr'ouvrent comme de gros balais de joncs. On les dirait alors plantées çà et là prêtes à nettoyer un ciel trop chargé de nuages sombres et livides.— Des *calamites*, sortes de prêles géantes, atteignent 15 mètres de hauteur, et les sphénophylles étalent au milieu des

forêts leurs frondes rameuses.—Seuls, les cycas aux branches recourbées, élégantes et largement découpées, viennent, avec les araucarias géants, apporter une note d'esthétique plus humaine dans ce grandiose décor.—Sous le couvert de ces arbres herbacés, s'étalent d'énormes champignons de 30 mètres de tour.—Au milieu de clairières transformées en fangeux marécages poussent de jeunes fougères, des nymphéas, des joncs, des roseaux, des plantes aquatiques rappelant nos nénuphars. —. . . Les fleurs aux teintes vives et brillantes ne sont pas là pour égayer le paysage et former un agréable contraste avec cette sombre verdure. Le chant des oiseaux ne se fait pas encore entendre.—Un morne silence enveloppe la Terre et cependant l'atmosphère lourde et humide est habitée. Voyez plutôt : à la lueur pâle du soleil qui monte lentement à l'horizon, nous apercevons une nuée d'insectes ailés. Nul ne pourrait s'y tromper : ce sont des libellules ; grandes comme nos mouettes actuelles, elles descendent dans un bruissement d'ailes largement ouvertes. Puis, voici des sauterelles géantes, des araignées, des animaux ressemblant à nos scorpions avec leurs pinces et leurs dards à venin, des mille-pattes gigantesques.—Quelle richesse de vie règne déjà sur la Terre !" (Abbé Moreux.)

Fig. 52. — Calamite. (Hauteur : 45 pieds.)

Toute cette puissante végétation carbonifère se composait presque entièrement de plantes cryptogames, sans fleurs, d'organisation inférieure. Cependant, il existait en même temps d'autres végétaux plus parfaits, sorte d'intermédiaires entre les cryptogames et nos phanérogames d'aujourd'hui. C'étaient des *cycadées*, qui se rapprochent de nos palmiers, et des *conifères*, famille de nos arbres résineux.

Si l'on se demande pourquoi, durant cette période où aucun mammifère n'existait encore, pourquoi les terres émergées offraient ce luxe inouï de végétation, on trouvera la réponse dans les profondeurs mêmes du globe, au sein des mines de houille, qui fournissent au genre humain un combustible sans lequel on ne concevrait plus aujourd'hui ni le commerce, ni l'industrie, ni par conséquent le soutien facile de la vie elle-même. Car ce sont incontestablement les forêts carboniférienne qui sont l'origine des dépôts houillers que l'on retire des couches terrestres.

Formation de la houille.— L'origine végétale de la houille ne fait pas de doute. On reconnaît la structure organique jusque dans l'anthracite très compact. D'ailleurs, les masses charbonneuses offrent en abondance des empreintes de plantes (voir Fig. 15, p. 41), feuilles, rameaux et troncs d'arbre.

Comment s'est formée la houille ? L'opinion générale est que la houille ou le charbon résulte de l'altération, due à l'action prolongée de bactéries ou ferments particuliers, des débris végétaux apportés par les courants, accumulés dans les lacs et dans les estuaires de fleuves ou de rivières, et soumis à une certaine pression et à un certain degré de chaleur. Parfois des couches de sédiments minéraux, aussi apportés par les eaux, se sont déposées sur ces amas végétaux, ou sur ceux qu'ont pu former les massifs végétaux poussés sur place, et alternent (comme cela se voit dans les bassins américains) avec les lits de houille. — Dans cette transformation des plantes en charbon, le volume des masses végétales a diminué, croit-on, de cinq fois pour la houille, et de huit fois pour l'anthracite.

Combien de temps a-t-il fallu pour la formation des dépôts de houille que nous connaissons ? Il faut se rappeler d'abord que les végétaux prennent leur carbone dans l'acide carbonique de l'atmosphère. Eh bien, on a calculé que, avec l'activité présente de la végétation, il faudrait plus d'un siècle, à une forêt de hêtres, pour retirer de l'air le charbon qui constituerait une couche de houille épaisse de 7 millimètres (un peu plus d'un quart de pouce). Tout en tenant compte de la puissance que devait avoir l'activité de la végétation à la période houillère, si l'on ajoute, dans le calcul précédent, le temps qu'il a fallu pour que s'opérât la transformation des masses végétales ; si l'on considère de plus qu'il y a, par exemple dans l'Angleterre septentrionale, une épaisseur de couches charbonneuses de plus de 75 pieds : on peut se faire quelque idée de la suite de siècles qu'il a fallu pour que se formassent les dépôts de houille que contient la croûte terrestre. Le résultat de certaines expériences récentes, où l'on a réussi à transformer de la tourbe et de la cellulose en charbon, concorde avec l'estimation des géologues, pour donner lieu de croire qu'il a fallu environ 8 millions d'années pour que se produisît la houille qui existe dans la nature.

Art. 4. — Étage permien

La période PERMIENNE tire son nom de la province de Perm (Russie), où le terrain qui la représente occupe une grande étendue. Ce terrain, peu développé dans le reste de l'Europe, existe en France, en Allemagne et en Angleterre. *Il ne se trouve pas en Amérique.*— Ce terrain se compose de schistes, de grès, de gypse et de sel gemme.— On regarde comme probable l'existence, durant cette période, d'un grand continent austral qui occupait une bonne partie de l'hémisphère sud. — Le permien a été marqué par une grande activité volcanique, qui a déterminé surtout des éruptions de roches porphyriques.

La faune permienne. On trouve peu de fossiles dans les terrains permiens. Les coraux sont bien moins abondants

qu'à la période précédente ; les trilobites s'éteignent complètement. Les mollusques d'Europe sont tous très petits; mais les huîtres font alors leur première apparition. Apparaissent, aussi, durant cette période, des reptiles, dont l'organisation rappelle celle des crocodiles actuels.

Fig. 53. — Terres émergées durant le Permien.

La flore permienne. Le règne végétal du permien est la continuation de celui de la période carbonifère, mais avec beaucoup moins de richesse. Les fougères, les lycopodiacées et surtout les conifères sont les plantes qui existent alors en plus grande abondance.

FIN DE L'ÉPOQUE PRIMAIRE

Des bouleversements considérables ont modifié la surface de la croûte terrestre, à la fin des temps primaires ; les couches de terrains se sont soulevées, plissées, rompues ; les éruptions du liquide intérieur incandescent ont cristallisé les roches qu'elles ont traversées, et vraisemblablement, sous l'influence de la pression et de la chaleur, en maints endroits, ont changé la houille en anthracite.

Comme résultat de ces bouleversements et de ces modifications, la vie animale s'est éteinte par tout le globe terres-

tre et n'a pu reprendre, dans les âges suivants, que par des créations d'animaux adaptés aux conditions nouvelles de la surface du globe.

Chapitre V

ÉPOQUE SECONDAIRE [1]

On n'attribue à la deuxième grande époque géologique qu'un quart de la durée de la première; si l'on croit que les temps primaires ont duré, par exemple, 12 millions d'années, l'époque Secondaire ne compterait que 3 millions d'années.

Si l'époque Primaire a été marquée, comme nous l'avons dit, par un extraordinaire développement de la vie végétale — au point que les fougères étaient de grands arbres, et que des champignons pouvaient avoir un diamètre de 30 pieds,

Fig. 54. — La mappemonde à la fin du Triasique.

l'époque Secondaire fut caractérisée par les colossales dimensions des animaux marins et terrestres ; il n'y a plus

(1) Dite aussi *mésozoïque*.

aujourd'hui que les baleines pour nous donner une idée des proportions de ces géants de la faune préhistorique. Cette faune comprend des mammifères, un grand nombre d'insectes et les premiers oiseaux. Quant à la flore, les phanérogames y apparaissent en bonne variété. Tous ces faits démontrent une plus grande pureté de l'atmosphère. Le règne minéral formé durant cette époque comprend des dépôts de calcaires et d'argiles.

Contrairement à l'époque Primaire où se produisirent de grands mouvements du sol, la Secondaire fut relativement calme. Les terres y furent modifiées surtout par l'action de l'air et des eaux. Il existait alors cinq continents étendus, dont l'un—*nord-atlantique*—englobait l'Amérique du Nord, le Groenland et le nord de l'Europe. Un autre — *africano-brésilien* — comprenait l'Arabie, l'Afrique et le Brésil. — Notre Amérique du Nord est formée en grande partie ; mais il y manque encore une bande autour du golfe

Fig. 55. — L'Amérique du Nord à l'époque Secondaire.

du Mexique et une bande encore plus large, à l'ouest, où existeront plus tard les montagnes Rocheuses. (Les ombres de la Fig. 55 indiquent ces lacunes de la carte de l'Amérique.)

Pour ce qui est de la température à l'époque Secondaire, les fossiles marins nous apprennent qu'elle n'est plus uniforme sur le globe terrestre. On constate ainsi qu'il y avait dès lors une région *boréale*, où il y a peu d'animaux ; une région *tempérée*, plus riche en espèces animales, surtout en coraux ; et une région *torride*, où plantes et animaux sont le plus abondants.

On divise l'époque Secondaire en trois étages ou périodes, qui sont le TRIASIQUE, le JURASSIQUE et le CRÉTACÉ. Ces terrains, ni par conséquent l'époque Secondaire, n'existent pas dans la province de Québec ; mais ils sont abondants dans les provinces canadiennes de l'Ouest, où il y a notamment, à l'est des montagnes Rocheuses, de grandes étendues de terrain crétacé.—Les dépôts secondaires sont principalement des calcaires, des argiles, des marnes, des sables, et, sur quelques points, des amas de sel gemme et de gypse.

LA FLORE SECONDAIRE. L'organisation des plantes, à l'époque Secondaire, est plus élevée que celle des végétaux primaires. Le nombre des cryptogames va en diminuant ; ils sont remplacés peu à peu par des phanérogames. Ce sont d'abord des gymnospermes (plantes à graines nues) : des conifères (végétaux à feuilles persistantes, comme les sapins, mélèzes, etc.), et des cycadées (grands arbres ressemblant aux palmiers). Puis, vers la fin de l'ère Secondaire, ce sont des angiospermes (plantes à graines entourées d'un péricarpe), notamment des dicotylédones apétales, comme les chênes, les saules, etc.

Fig. 56. — Une cycadée.

La faune secondaire. Les trilobites n'existent plus, dans l'époque Secondaire.—Deux mollusques abondent et sont surtout remarquables en cette ère : l'*ammonite*, à coquille enroulée en spirale, et la *bélemnite*, qui ressemble à notre calmar ou encornet (le *squid* de nos pêcheurs).—Il y a aussi des poissons. —Les mammifères semblent avoir été seulement des marsupiaux.— Les premiers oiseaux ont fait leur apparition : ils sont bipèdes, ont des ailes plus ou moins parfaites, et leur bec est pourvu de dents.—Mais ce sont les reptiles qui surtout, durant cette époque, ont pris un développement extraordinaire, au point qu'on la désigne sous le nom d'"âge des reptiles". Il y avait dès lors des crocodiliens et des chéloniens (tortues), assez semblables à ceux d'aujourd'hui. — Après avoir mentionné seulement leur existence, nous allons énumérer les plus remarquables des grands sauriens ou reptiles de l'époque, et qui se sont complètement éteints avec elle. On les divise en trois ordres :

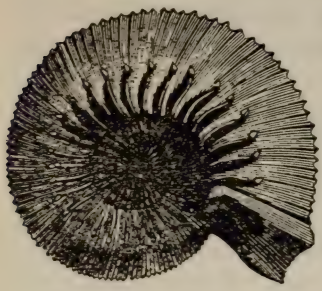


Fig. 57. — Ammonite.

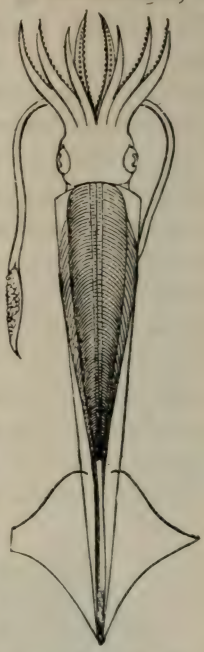


Fig. 58. — Bélemnite.

1° Sauriens marins. — A cet ordre appartiennent les deux reptiles " ichthyosaure " et " plésiosaure ".

L'*ichthyosaure*, dont la longueur atteignait jusqu'à une trentaine de pieds, était pourvu d'une queue puissante et de grandes pattes natatoires, et c'était donc un fort nageur. Une longue tête, de vigoureuses mâchoires armées de 180 dents coniques, indiquent un animal vorace et redoutable. La grosseur des yeux, surpassant celle d'une tête d'homme, et dont la courbure pouvait varier (grâce à un anneau d'os-

selets qui entourait la sclérotique), donnait à l'animal une grande puissance de vision, de près comme de loin. — Des coprolithes fossiles, trouvés avec les restes d'ichthyosaures, du volume d'une pomme de terre, rayés d'un sillon spiral, ont permis de constater que ces reptiles se nourrissaient de

Fig. 59. — Ichthyosaure.

poissons, s'entre-dévoraient même, et que leur canal digestif, muni d'une sorte de cloison spirale (comme l'intestin des requins d'aujourd'hui), gardait longtemps les aliments.

Le *plésiosaure*, long seulement de 10 à 12 pieds, avait un cou très long, terminé par une tête petite. Il n'était pas

Fig. 60. — Plésiosaure.

organisé pour lutter contre les vagues, et se tenait sans doute dans les eaux peu profondes.

2° Sauriens ailés.—L'être le plus intéressant de cet ordre était le *ptérodactyle*, sorte de lézard volant, ayant au

plus la taille d'une oie; mais ses ailes déployées mesuraient 25 pieds d'envergure. Ses membres antérieurs avaient un doigt démesurément allongé et qui supportait une membrane alaire du genre de celle des chauves-souris actuelles.

3° Dinosauriens.—Ce nom veut dire : " reptiles redoutables ". La grande taille ce ces animaux, au moins, justifie

Fig. 61. — Ptérodactyle.

cette appellation. L'*iguanodon*, qui appartient à cet ordre, pouvait avoir jusqu'à 30 pieds de longueur. Ses pattes postérieures, allongées et fortes, font croire qu'il devait se tenir debout, en s'appuyant sur sa queue qui était, aussi, longue et robuste. On a découvert, près de Tournai (Belgique), plus de vingt squelettes complets de ce reptile.

Le *mégalosaure*, dont on n'a trouvé que quelques débris, était un lézard, assez semblable aux crocodiles, et qui était long de près de 70 pieds. Ses os creux indiquent qu'il était un animal terrestre.

Il faut enfin mentionner : le *diplodocus*, long d'environ 50 pieds, qui fut trouvé dans le Colorado, et le *brontosaure*,

long d'environ 70 pieds, trouvé en 1898 dans le Wyoming. (Le premier de ces reptiles est dans un musée de Pittsburg (Pensylvanie) ; le second est à l' "American Museum" de New-York.)

Fig. 62. — Iguanodon.

Et, comme par opposition à ces reptiles aux dimensions colossales, nous signalerons les coquilles microscopiques auxquels sont dues les formations qui dominent dans la période crétacée, soit dans le dernier étage de l'époque secondaire. En effet, le microscope nous montre que la craie s'est formée par l'accumulation, au fond des eaux, des carapaces d'animaux incroyablement petits, au point qu'une dizaine de millions de ces coquilles peuvent se trouver dans un pouce cube de matière crayeuse. Et, dans le bassin de Paris, l'épaisseur de l'étage de la craie atteint près de mille pieds ! Cette formation de la craie se continue encore de nos jours, comme l'ont prouvé les sondages que l'on a pratiqués, dans l'océan Atlantique, pour la pose des câbles télégraphiques sous-marins.

———

Chapitre VI

ÉPOQUE TERTIAIRE [1]

Tout indique que, durant l'époque Secondaire, la croûte terrestre est restée dans un calme assez grand. Au contraire, à l'époque Tertiaire, l'activité du noyau central liquide s'est comme réveillée, et a causé sur tout le globe des modifications considérables. Alors, pour ce qui est de l'"ancien

Fig. 63. — La mappemonde au commencement de l'époque Tertiaire.

monde", se produisirent d'énormes plissements, auxquels doivent leur existence : les Pyrénées, les Alpes, les Apennins, l'Himalaya. En Amérique, les montagnes Rocheuses se forment et prennent leur configuration actuelle. Les côtés sud et ouest de l'Amérique du Nord se développent, et notre continent acquiert l'aspect qu'il a aujourd'hui.

Ces modifications de la croûte terrestre eurent un effet considérable sur la climatologie du globe. Auparavant, il y avait peu de différences dans le climat des différentes parties de la Terre. Au milieu de l'époque Tertiaire, ainsi qu'en témoignent les fossiles, la végétation des zones tempérées

1) Dite aussi : *cénozoïque*.

régnait jusqu'au pôle. En Islande et au Spitzberg, poussaient des platanes, des noyers, des hêtres, des pruniers, etc, et jusqu'à la vigne. Mais de profonds changements se produisirent durant la seconde moitié des temps tertiaires ; avant même la fin de l'époque, les glaciers s'étaient formés

Fig. 74. — L'Amérique du Nord à l'époque Tertiaire.

sur les sommets élevés de l'Angleterre et de l'Ecosse, de la Scandinavie, de la France et de l'Allemagne. Ces glaciers étaient comme les signes avant-coureurs de la période " glaciaire " de notre époque Quaternaire.

Sous l'influence de ces changements climatologiques du globe, la faune et la flore ne purent manquer de subir aussi des modifications importantes. L'une et l'autre se rapprochent de plus en plus de celles d'aujourd'hui. En outre, elles peuvent varier en des points assez peu éloignés, sur la surface terrestre, et cela fait voir que les climats diffèrent de plus en plus sur le globe terrestre.

Divisions.—Les géologues partagent l'époque Tertiaire en quatre étages ou périodes. Ce sont, en commençant, comme toujours, par les terrains profonds : l'*éocène*, l'*oligocène*, le *miocène* et le *pliocène*.

Aucune de ces formations n'existe dans nos terrains de la province de Québec. Seul, sur l'étendue du Canada, apparaît, et avec une grande puissance, le miocène dans le système montagneux de la Colombie-Britannique (montagnes Rocheuses et " Coast Range ").

Sédiments tertiaires.— Les dépôts qui se sont formés à l'époque Tertiaire se composaient, ordinairement, de roches peu résistantes. Ce sont des calcaires, des argiles, des marnes, des sables, du grès, du gypse, du sel gemme, etc. A ces substances, il faut ajouter le lignite, combustible d'origine végétale et qui, ne contenant qu'environ 80% de charbon, est comme intermédiaire entre la houille et la tourbe.

La flore tertiaire.—Ce qui caractèrise principalement le règne végétal de l'époque Tertiaire, c'est le développement qu'y prennent les plantes pharénogames à feuilles caduques.—L'étude de la flore, aux différentes périodes tertiaires, est particulièrement intéressante, parce qu'elle nous permet de suivre les variations climatologiques de l'époque Tertiaire. Dans l'éocène, par exemple, on trouve en une même région un mélange de palmiers, et autres plantes tropicales, avec des plantes des pays tempérés, peupliers,

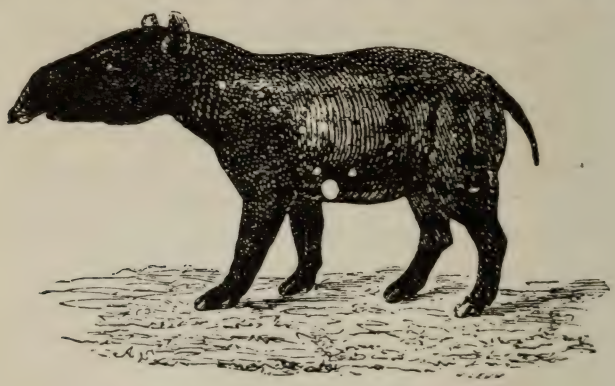


Fig. 65. — Le Palæotherium.

bouleaux, aunes, etc. Dans les étages suivants, on voit que la zone des plantes tropicales se restreint de plus en plus vers l'équateur. En résumé, plus l'on avance dans les

périodes tertiaires, plus la distribution des végétaux s'éloigne de l'uniformité qu'elle avait, sur le globe, dans les âges précédents ; plus, en une même période, les diverses régions possèdent des flores qui leur sont spéciales. Tout cela est dû aux climats particuliers qui se sont établis dans les diverses parties de la surface du globe.

La faune tertiaire.—Comme c'est le cas pour la flore tertiaire, la faune de cette époque se rapproche de plus en plus de la faune actuelle.—Dès l'éocène, et comme l'indique ce nom même (1), il y a comme une aurore de temps nou-

Fig. 66. — Le Dinotherium.

veaux. Les monstrueux sauriens sont disparus de la scène. — Des mammifères, aussi parfaits d'organisation que ceux d'aujourd'hui, abondent partout. Les pachydermes y dominent, au commencement. C'est, par exemple, le *palæotherium*, herbivore dont les plus grands avaient la taille du

(1) " Aurore des espèces récentes ".

cheval ; c'est, dans le miocène, le *dinotherium*, étrange animal, le plus grand mammifère terrestre (18 pieds) qui ait jamais existé; c'est, dans le miocène encore, le *mastodonte*, grand éléphant qui ressemblait à ceux d'aujourd'hui. A la fin de l'époque, au pliocène, le rhinocéros, l'hippopotame, les ruminants, les rongeurs, les ours, les hyènes, les chiens, etc., sont apparus à leur tour. Quant aux singes, le premier date de l'éocène même. — Durant les temps tertiaires, les oiseaux (dépourvus de dents), les reptiles, les batraciens, les poissons, deviennent de plus en plus semblables aux groupes actuellement en existence. Dans les océans, il y a des baleines, des dauphins et autres cétacés.— Les mollusques, marins, aquatiques et terrestres, pullulent partout, se rapprochant des espèces actuelles. Comme aujourd'hui, les foraminifères microscopiques peuplaient les mers ; mais il y en avait aussi de grande taille, comme les nummulites, dont la présence caractérise les dépôts tertiaires.

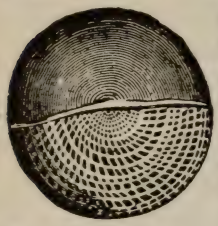


Fig. 67.—Nummulite (ouverte dans sa moitié supérieure).

Après des temps si prolongés, témoins de bouleversements formidables sur notre planète ; après des créations et des extinctions successives de tant d'espèces animales et végétales ; après que le règne minéral s'est, à la longue, constitué en tant de matériaux utiles pour tous les usages ; lorsque la terre et les eaux sont peuplées d'animaux et de plantes, qui offrent les ressources les plus variées ; lorsque, dans l'immense univers, les corps sidéraux se meuvent en des courses régulièrement établies, distribuant avec profusion la lumière et la chaleur... la création est préparée, selon les desseins providentiels, à recevoir son roi. Dès le commencement de l'époque géologique qui va suivre, et qui est l'époque actuelle, Dieu va créer l'homme, " pour le connaître, l'aimer et le servir ". L'univers matériel aura désormais une voix intelligente pour louer son Auteur.

Chapitre VII

ÉPOQUE QUATERNAIRE [1]

La fin de l'époque Tertiaire fut marquée, en Europe, par le soulèvement des Alpes. La Manche s'établit entre la France et l'Angleterre. La mer Adriatique et la mer Egée complètent, à l'est, la Méditerranée, qui était déjà délimitée du côté de l'ouest. — L'" Atlantide ", vaste continent qui — suivant une opinion plus ou moins fondée — existait entre l'Amérique du Nord et l'Europe, s'effondre sans retour dans l'océan, non sans amener d'importantes modifications du climat. — Les courants marins et les vents chauds de la zone torride montent vers le nord et y déterminent la formation des glaces et des neiges. Une calotte de glace enveloppe les parties septentrionales de l'Europe et de l'Amérique. Les glaciers du Nord et ceux des hautes montagnes marchent lentement vers le sud, striant les roches où ils glissent, déposant sur leur chemin des boues et des blocs erratiques. Les cours d'eau descendent des hautes cimes couvertes de glace et de neige, transportent dans les plaines les débris arrachés des hauts plateaux, et forment, dans les vallées les terrains d'alluvion.— Ce fut durant l'époque Quaternaire que se forma le sol arable de la province de Québec, grâce aux dépôts de sables, de glaises et de graviers, qui se formèrent sur les terrains archéens et primaires. Comme on le voit, les époques Secondaire et Tertiaire n'ont pas laissé de traces dans nos terrains, et nous n'avons même ici, parmi les étages de l'époque Primaire, que le plus ancien, qui est le silurien.—Suivant l'opinion des géologues, trois périodes glaciaires se sont succédé sur la Terre, interrompues par trois périodes interglaciaires, dont la troisième se poursuit à l'heure actuelle.—Enfin, comme conséquence de tous ces événements géologiques, les continents et les mers ont atteint l'état où nous les voyons aujourd'hui ; la flore et la faune se sont établies telles

1) Dite aussi : *pleistocène*, très récente.

qu'elles sont actuellement. — Et le genre humain accomplit, sur la Terre, la destinée que la Providence lui a assignée.

Division. — On partage l'époque Quaternaire, au moins en ce qui regarde notre pays, en trois périodes ou étages, qui sont : l'étage *glaciaire*, l'étage *Champlain* et l'étage des *Terrasses*.

Etage glaciaire. Dès la période du pliocène, c'est-à-dire avant la fin de l'époque Tertiaire, les glaciers formaient comme une immense calotte sur les régions septentrionales de l'Europe et de l'Amérique, descendant jusqu'au milieu de la Russie et de l'Allemagne. On attribue ce phénomène de refroidissement du climat à un soulèvement qu'auraient subi alors ces régions du nord. La surface de glace qui recouvrit ainsi nos contrées, c'-à-d. le glacier continental, en descendant vers le sud, a transporté, jusqu'à des distances de plus de 200 milles, des masses de matières minérales, sables, argiles, graviers, cailloux, et même ces blocs erratiques que l'on voit encore aujourd'hui isolés dans nos plaines. Ces glissements du glacier ont poli, arrondi, strié la surface des roches sur lesquelles ils se sont produits ; et comme on trouve de ces stries jusque sur les montagnes, à des hauteurs de 4000 ou 5000 pieds, il faut en conclure que ces masses de glace étaient d'une très grande épaisseur. Tous les débris arrachés aux lits traversés par les glaciers, et déposés çà et là, ont formé notre sol arable d'aujourd'hui. Il est à remarquer que les dépôts glaciaires, en notre Province, ne contiennent pas de fossiles marins ; et cela démontre que les débris déposés par le glacier sur nos plaines ne venaient pas d'une distance beaucoup considérable.

Etage Champlain. Cependant, il se produit, dans le sol de nos régions du nord, un affaissement plus ou moins considérable. Par suite, le climat se réchauffe, et le glacier continental se met à fondre. La dépression des terrains fait que l'océan recouvre nos régions, et laisse se déposer, sous forme d'alluvions, les débris minéraux et terreux entraînés par les eaux. Il faut admettre que la province de Québec était alors recouverte par une mer immense dont n'émer-

geaient que nos montagnes laurentiennes et apalachiennes, sur lesquelles existent encore, tels que les ont laissés les glaciers de la période précédente, les amas de blocs pierreux ou moraines. Et la preuve de cette submersion de la province de Québec, elle est écrite dans notre sol même par les mollusques marins que l'on y trouve, jusqu'à plusieurs centaines de pieds au-dessus du niveau du Saint-Laurent. Ces coquillages marins, témoins de l'étage Champlain, ils existent au Lac Saint-Jean, à Beauport, à la Pointe-aux-Trembles (Portneuf), aux Trois-Pistoles (Témiscouata), à Montréal, etc. Il faut ajouter, comme caractéristique de l'étage Champlain, le développement que prirent, sur les terres non recouvertes par les eaux, les mammifères herbivores, comme le prouvent les débris fossiles que le sol nous en a conservés.

Etage des Terrasses. Un dernier mouvement d'oscillation soulève avec lenteur le sol de nos régions, et lui donne l'aspect qu'il a aujourd'hui. C'est la période dite des Terrasses, celle où nous vivons, et qui est ainsi nommée parce que les fleuves et rivières en creusant leur lit dans les alluvions déposés durant la période précédente, ont laissé sur leurs bords des sortes de terrasses plus ou moins régulièrement disposées. Ces terrasses existent, par exemple, dans les environs de Québec et de Montréal, et les fossiles y abondent.

La flore quaternaire.—D'après les fossiles végétaux que l'on a trouvés dans les dépôts quaternaires, il n'y a eu de variations, durant l'époque actuelle, que pour la distribution des plantes dans les diverses régions du globe terrestre. Et les causes de ces changements dans les flores régionales sont : l'extension des glaciers qui s'est produite, comme il a été dit précédemment, et les oscillations du sol qui ont modifié les conditions climatologiques. Par exemple, des plantes qui ne vivaient que sur les hauts sommets, c'est-à-dire sous des températures assez basses, sont pour ainsi dire descendues dans les plaines ; des végétaux, adaptés à des climats chauds, ont cessé de croître dans les pays du nord, et ne se trouvent plus actuellement que dans les régions chaudes du midi.

La faune quaternaire.—Les fossiles de l'époque quaternaire représentent des espèces qui existent encore aujourd'hui partout (cheval, chien, etc.), des espèces qui n'ont subsisté qu'en des régions plus froides (renne) ou plus chaudes (hippopotame) que ne sont devenues nos contrées, et enfin des espèces aujourd'hui éteintes (mammouth, ours des cavernes, etc.)—Toutefois, l'existence de ces animaux n'a pas été simultanée, mais successive, et, l'homme ayant été leur contemporain, on a partagé la durée de l'humanité primitive en quatre âges successifs, nommés d'après l'animal le plus remarquable qui a caractérisé chacune de ces divisions. Ces quatre âges, en partant du plus ancien, sont les suivants : âge de l'*ours des cavernes*, âge du *mammouth* et du *rhinocéros*, âge du *renne*, âge de l'*aurochs*. Ce qui démontre la contemporanéité de l'homme et de ceux de ces animaux qui sont aujourd'hui disparus, ce sont les dessins de ces animaux que l'on a trouvés, incrustés sur des os ou sur les parois de grottes ou de cavernes. Ces dessins plus ou moins grossiers représentent des mammouths, des bovidés, des rennes, etc.

Voici quelques détails sur ces animaux dont on a attaché le nom aux âges quaternaires :

L'*ours des cavernes*, carnassier autrement redoutable que les ours actuels, avait 6 pieds de hauteur et 9 de longueur.

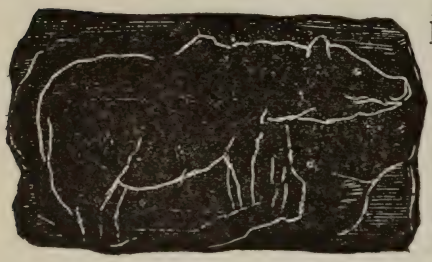


Fig. 68.—L'ours des cavernes (dessin sur ardoise, tracé par l'homme quaternaire).

Le *mammouth*, grand éléphant, haut de 15 à 18 pieds, et dont les défenses, longues de 12 pieds, pèsent jusqu'à 480 livres chacune, abondait sur toute la surface de l'Europe, et dans le nord de l'Asie et de l'Amérique. On trouve ses dépouilles surtout dans les régions arctiques, notamment dans la Sibérie. L'animal a même parfois été si bien conservé dans la glace, qu'on le

retrouve avec sa chair, sa peau et son poil. Un squelette

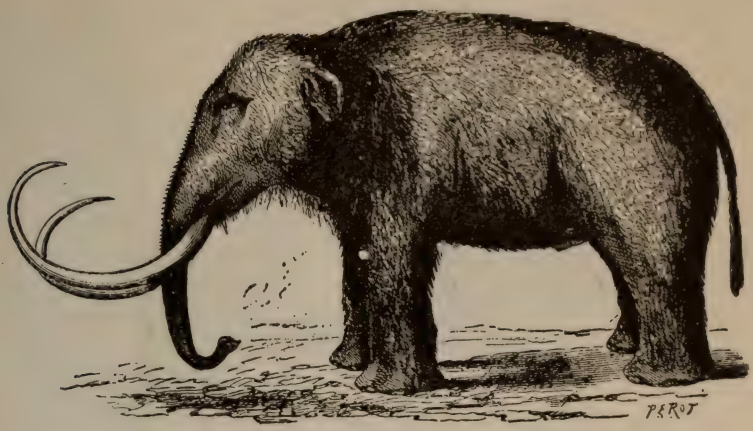


Fig. 69. — Le mammouth.

complet de mammouth, trouvé à l'embouchure de la Léna, se voit dans un musée de Saint-Pétersbourg.

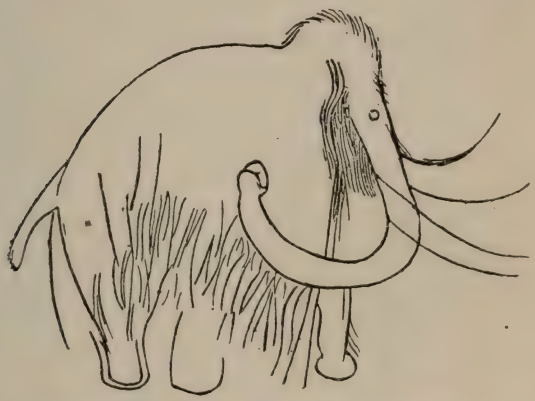


Fig. 70. — Mammouth. (Dessin préhistorique tracé sur la paroi d'une grotte de la Dordogne, France.)

Le *rhinocéros laineux*, couvert d'une toison grossière, portant au museau deux fortes cornes, vivait aussi dans les régions du nord et jusqu'à la mer glaciale. On trouve ses

restes, avec toison, peau et chair, dans les alluvions de la Sibérie.

Le *renne* existait d'abord en Europe jusqu'au midi de la

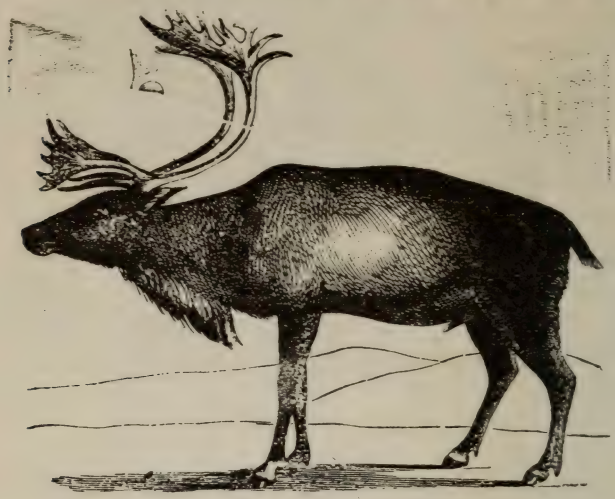


Fig. 71. — Le renne.

France. Il vivait encore en Allemagne au temps de César, et en Ecosse au XIIe siècle. Aujourd'hui, il se trouve sur-

Fig. 72. — Le renne courant. (Dessin préhistorique tracé sur la paroi d'une grotte de la Dordogne, France.)

tout en Laponie. En ces derniers temps, il a été importé dans l'Alaska et dans le bas-Labrador. — En même temps que le renne, vivait aussi l'*élan*, grand cerf représenté chez nous par l'orignal.

L'*aurochs* était un bœuf sauvage, qui semble avoir vécu en Pologne jusqu'au 18e siècle. Cet animal, de forte taille, a existé en Allemagne et en Angleterre.

L'homme a été le contemporain de tous ces animaux de l'époque quaternaire — où, depuis la dernière période glaciaire, n'ont plus beaucoup varié ni le climat, ni la configuration géographique, ni la flore, ni la faune.

———

Chapitre VIII

L'HOMME PRÉHISTORIQUE—LE TRANSFORMISME

Art. 1. — L'histoire primitive du genre humain

Age du genre humain.—L'autorité infaillible de l'Église n'a rien défini au sujet de la date où Dieu créa l'homme, où par conséquent l'homme commença d'exister sur le globe terrestre.— Il y a une chronologie dans les Livres saints écrits sous l'inspiration de Dieu. Mais, outre qu'il est admis que, à travers les âges et dans le travail des copistes anciens, des chiffres de cette chronologie biblique ont été accidentellement altérés, on croit aussi que l'écrivain sacré n'a pas prétendu dresser au complet la généalogie des patriarches. Donc, du côté de la Révélation, il n'y a pas de précision certaine, relativement à la durée de l'existence de l'homme sur la terre ; question, d'ailleurs, qui n'intéresse ni le dogme, ni la morale.

Tout ce que l'histoire profane nous apprend sur l'antiquité du genre humain, c'est que, quatre ou cinq mille ans avant l'ère chrétienne, il y avait déjà des peuples, les Chaldéens, par exemple, qui étaient en pleine civilisation.

Il reste à appeler en témoignage la science de la Géologie, qui "devine" l'histoire d'après les couches de l'écorce terrestre.—D'abord, la Géologie démontre que l'homme n'existait pas encore à l'époque Tertiaire ; il n'y a absolument aucun indice permettant de croire qu'il ait vécu avant l'époque Quaternaire. Or, durant cette époque, qui est celle d'aujourd'hui, on ne trouve dans les couches terrestres aucune trace certaine de l'industrie humaine avant la dernière phase interglaciaire, celle que l'on place après la troisième des grandes phases glaciaires qui ont marqué la plus ancienne période de l'époque Quaternaire. Il est donc permis de penser que la création de l'homme remonte à la fin de la première période du Quaternaire. On peut ajouter qu'il y a aujourd'hui une *tendance* à croire que le genre humain existe depuis neuf ou dix mille années : mais cela n'est qu'une opinion plus ou moins probable, que chacun est libre d'accepter ou de rejeter.

Histoire primitive du genre humain.—Il n'y a qu'une fraction du genre humain dont l'histoire soit authentique depuis le commencement : c'est le peuple choisi de Dieu pour donner naissance au Rédempteur du monde. L'histoire de ce peuple est consignée, au moins dans ses grandes lignes, dans la Bible. Et encore, la chronologie n'y a pas été conservée fidèlement, par suite des accidents de la transcription, et l'on ne sait pas non plus si tous les événements y ont été inscrits, l'objet principal des écrivains sacrés n'ayant pas été plus d'écrire des annales historiques que des chroniques scientifiques. En tout cas, le récit des événements qui ont marqué l'existence du peuple de Dieu est de l'histoire proprement dite, et donc n'entre aucunement dans le domaine de la Géologie.

Il en est autrement de l'histoire primitive des autres habitants de la terre, dont les ancêtres—plus d'une fois, probablement, et notamment à l'occasion de l'événement biblique de la "confusion des langues" — s'éloignèrent du Peuple de Dieu pour aller se fixer, à la longue, sur les divers continents du globe. Ici, il n'y a pas de documents écrits qui puissent nous renseigner sur leur histoire ; et parfois,

même, le nom et la langue de ces premières populations se sont perdus, comme c'est le cas pour les anciens habitants des plaines de l'Ouest de l'Amérique du Nord. Il y a seulement, pour nous donner quelques connaissances de ces peuples des âges reculés, les produits de leur travail et de leur industrie que les dépôts quaternaires ont pu nous conserver : des os façonnés de diverses façons, des silex taillés, des dessins tracés sur des os de rennes ou de cerfs et sur les parois des cavernes. Et, à ce point de vue, l'existence de ces peuples, que l'on peut conjecturer jusqu'à un certain point, à l'aide de ces témoins d'une industrie primitive, rentre tout à fait dans le champ de la Géologie.

Homme préhistorique.—On désigne, par cette appellation, les hommes qui se répandirent peu à peu dans les diverses contrées du globe, longtemps avant que l'histoire s'écrivît, et dont par conséquent nous ne connaissons, par les traces de leur art et de leur industrie conservées dans le sol, que l'existence et le séjour en telle ou telle contrée du globe.

De l'étude de ces traces du travail des anciens habitants des continents divers, il est permis de conclure que ces populations perdirent, presque totalement, la mémoire des grandes vérités qu'elles pouvaient posséder à l'époque de la Confusion des langues, et le souvenir des arts, encore peu avancés sans doute, qui devaient être communs auparavant à tous les hommes. En un mot : ces hommes dégénérèrent progressivement, au milieu des migrations qu'ils devaient subir, des embarras du soutien de la vie, des luttes mêmes qui durent parfois s'élever entre eux.—Toutefois, l'homme, étant perfectible de sa nature, a fait effort, dès qu'il a été fixé à demeure en quelque région et à l'abri des grandes difficultés, pour sortir de la barbarie où il était tombé. Et les vestiges qu'il a laissés dans le sol, et qu'on a retrouvés en certains pays, permettent de retracer en une certaine mesure les étapes qu'il a parcourues dans son retour vers la civilisation, à laquelle toutefois il ne devait complètement arriver que lorsqu'il aurait pu bénéficier, ou plus tôt

ou plus tard, du grand événement de l'Incarnation du Fils de Dieu qui s'est passé il y a deux mille ans au sein du Peuple de Dieu, lequel seul avait conservé à travers les âges le dépôt de la vérité que ses ancêtres avaient reçu du Ciel.

Classification archéologique.—Les principales étapes parcourues par l'homme préhistorique pour s'acheminer, de l'état de barbarie où il était tombé, vers la civilisation, sont désignées sous le nom d'"âges", et sont au nombre de trois : *l'âge de la pierre, l'âge du bronze, l'âge du fer.* Mais il importe de remarquer que ces âges divers ne se sont pas nécessairement succédé dans le même temps dans toutes les régions. C'est ainsi que, à l'arrivée des Européens dans la Nouvelle-France, nos sauvages en étaient encore à l'âge de la pierre, — comme le sont, aujourd'hui encore, les indigènes de la Terre de Feu, de la Nouvelle-Guinée, du Kamtchatka, de la Nouvelle-Calédonie.

Fig. 73. — Couteau en silex taillé.

L'âge de la pierre. — Deux périodes marquent cet âge de la pierre : celle de la " pierre taillée " (dite paléolithique), et celle de la " pierre polie " (dite néolithique). Durant la première, contemporaine du mammouth, les silex sont taillés grossièrement ; plus tard, les silex sont plus petits, mieux taillés, et sont fixés au bout de bâtons pour former des couteaux, des massues, des lances, des flèches. Dans la période de la pierre polie, les armes ou les outils prennent une forme plus soignée. On a trouvé dans le sol de la Province, notamment dans la région du Saguenay, des spéci-

mens des deux périodes de l'âge de la pierre (couteaux, massues, haches, pointes de flèche).

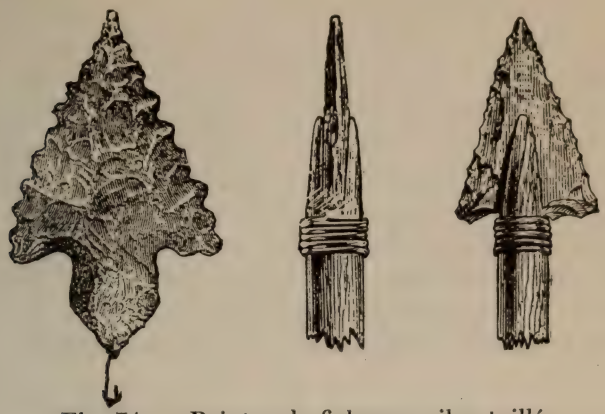


Fig. 74. — Pointes de fiches en silex taillé.

Dans l'*âge du bronze*, et l'*âge du fer* qui lui succéda bientôt, l'homme extrait du sol les minerais, découvre les moyens d'en tirer les métaux et apprend à les utiliser pour

Fig. 75. — Hache en pierre polie.

divers usages. Signalons ici le fait qu'il a été constaté que, avant l'arrivée des Européens en notre pays, les mines de cuivre du lac Supérieur avaient été déjà exploitées. — L'âge du fer nous conduit jusqu'aux temps historiques, où finit, relativement à ces questions, le domaine des sciences naturelles.

Art. 2. — Ce qu'il faut penser du transformisme

Chez nous, le petit enfant, lorsqu'il a bien appris son catéchisme, est fixé sur la solution des problèmes les plus graves qui peuvent agiter l'esprit humain ; il est en possession de la vérité sur les questions les plus importantes. Il connaît, par exemple, l'existence de Dieu, c'est-à-dire d'un Etre éternel, dont la perfection et la puissance sont infinies. Il sait que Dieu a créé, c'est-à-dire produit par un acte de sa volonté, le monde invisible et le monde visible ; et, pour ce qui est de notre Terre, il sait que Dieu a créé toutes les espèces minérales, végétales et animales qui s'y trouvent. La science de ce petit enfant est donc déjà immense, et elle est certaine.

Par contre, en divers pays, il y a malheureusement des hommes passant pour très instruits, et qui ignorent, ou refusent d'admettre, et même combattent ces vérités, qui pourtant s'appuient non seulement sur la religion révélée, mais aussi sur la philosophie, et aussi sur les sciences naturelles impartialement interrogées et légitimement entendues. Soit pour se passer de l'intervention du Dieu Créateur dans la nature, soit pour discréditer l'Église qu'il a établie (1), ils ont attribué aux seules forces de la nature tout le développement du monde organique et inorganique. Le système qu'ils ont imaginé pour rendre compte notamment de l'état présent du monde organique (règne animal et règne végétal) se nomme *transformisme* ou *évolutionnisme*, et jouit encore d'une certaine vogue, qui d'ailleurs va en diminuant dans le monde scientifique.

Laissant de côté la question de l'origine des premiers êtres, que les matérialistes, refusant d'admettre la création directe par Dieu, s'efforcent d'expliquer de façons diverses et plus ou moins absurdes, nous pouvons dire que le Trans-

---

(1) Il ne manque pas, assurément, d'évolutionnistes qui n'ont pas ces intentions perfides, et qui ne se sont engagés à la suite des coryphées du transformisme que par défaut de science ou de réflexion, ou pour suivre ce qu'ils croient être le courant scientifique du jour.

formisme est l'hypothèse suivant laquelle *les espèces animales* — y compris l'homme lui-même — *et végétales vivant aujourd'hui sont dérivées, par un développement et un progrès continu, d'un ou de plusieurs types qui ont existé primitivement.* Ce développement et ce progrès, cette dérivation d'une espèce à l'autre, s'expliqueraient, suivant les transformistes, par trois principes : 1°, *la sélection naturelle* (dans la " lutte pour la vie ", les êtres les plus forts résistent seuls, atteignent et retiennent toute la perfection propre à leur classe) ; 2°, *l'influence du fonctionnement des organes*, qui fait que des organes non mis en exercice s'atrophient et disparaissent, et qu'au contraire les organes se perfectionnent par leur fonctionnement, d'où l'énoncé : " la fonction crée l'organe " ; 3°, *l'influence du milieu*, par quoi l'on entend que les circonstances de climat, d'alimentation, etc., peuvent modifier grandement la constitution des espèces. — Il faut ajouter que ces fameux principes de l'hypothèse évolutionniste n'ont plus beaucoup de partisans aujourd'hui, tellement les faits réels leur ont donné de démentis. Il est bon toutefois de les connaître au moins de nom, à cause de l'intérêt historique qui leur reste.

Pour juger cette question du transformisme, et sans faire appel aux motifs très graves qu'ont le théologien et le philosophe de désavouer l'hypothèse des évolutionnistes, il suffit de s'arrêter un instant sur les considérations suivantes, tirées exclusivement du domaine scientifique.

1° La grande objection que l'on peut faire au transformisme, à priori, et qui pourrait écarter toute discussion, c'est qu'il n'est pas possible de citer en sa faveur un seul fait qui, bien constaté et légitimement interprété, montrerait qu'une seule espèce a certainement évolué en telle autre espèce. Il est évident qu'un seul fait de ce genre suffirait, sinon pour établir solidement le transformisme, au moins pour ôter beaucoup de force et de valeur aux arguments des adversaires de cette hypothèse.

2° Pour ce qui est de l'homme lui-même, on a été jusqu'à lui attribuer, pour ancêtre, le singe qui, par des perfectionnements successifs, serait à la fin devenu la créature hu-

maine. Seulement, on ne peut donner aucune preuve de cette transformation ; l'on ne connaît aucun des êtres intermédiaires qui auraient formé comme une série ininterrompue entre le singe et l'homme. — Ajoutons que, soit dans le développement crânien, soit dans la structure anatomique, il y a de très grandes différences entre l'homme et le singe le plus parfaitement constitué. Il y a surtout les facultés intellectuelles, qui n'offrent aucun terrain de comparaison entre l'homme et le singe. Il faut donc admettre, au point de vue scientifique, la création directe de l'homme par Dieu.

3° De même que l'être humain est resté le même depuis le commencement, de même les espèces animales et les espèces végétales sont aussi restées les mêmes, comme il est prouvé par l'étude des fossiles de toutes les époques géologiques. On n'a pas la moindre preuve qu'une seule espèce soit à la longue devenue une autre espèce. Il y a eu sans doute, chez l'homme, chez les animaux et chez les végétaux, des changements dus au climat, à l'alimentation, au sol, etc. ; ces changements ont donné lieu à des *variétés*, plus ou moins stables, dans la même espèce, mais jamais à des espèces nouvelles. Les trilobites, par exemple, dont on peut suivre l'histoire dans les couches terrestres jusqu'à la fin, puisqu'ils n'ont pas dépassé l'époque tertiaire, n'ont offert, dans une dizaine seulement de leurs trois à quatre cents espèces, que des variations légères qui ne se sont même pas complètement maintenues dans leur descendance.

L'évolution, *entendue en un sens très restreint*, peut donc avoir amené de nouvelles variétés, que la seule culture ou d'autres causes peuvent produire ; mais là s'arrête son pouvoir, ainsi que le démontre l'expérience.

4° La paléontologie témoigne que les espèces ne sont pas apparues, au commencement, comme après des étapes successives où elles se seraient perfectionnées de l'une à l'autre. Mais elles sont apparues de façon soudaine et sans rapport avec des espèces ayant existé auparavant. Et elles sont apparues tout d'un coup dans toute leur perfection relative.

5° Si le transformisme avait, comme il le réclame, opéré le perfectionnement des espèces, les derniers venus parmi les organismes seraient les plus parfaits. Or, l'étude des fossiles prouve que le contraire est souvent arrivé. Par exemple, les plus anciens poissons, les premiers oursins, les plus anciens végétaux, les batraciens du Carbonifère, étaient plus parfaits que les poissons, les oursins, les batraciens et les végétaux d'aujourd'hui.

6° Il n'est pas superflu d'ajouter à ce qui précède que, depuis le commencement des temps historiques, il n'a été constaté aucun indice du passage d'une espèce à l'autre, ni chez les végétaux, ni chez les animaux.

Les conclusions à tirer de ce qui précède, c'est : 1°, que la fixité des espèces est une vérité scientifique nettement et solidement établie ; 2°, que Dieu lui-même, auteur de tout ce qui existe en dehors de lui, a créé directement l'homme, et toutes les espèces animales et végétales.

Omnes res creatæ sunt divinæ sapientiæ et potentiæ testes ; earum itaque indagatio a vere eruditis et sapientibus semper exculta ; maledoctis et barbaris semper inimica fuit.

LINNÉ.

FIN

INDEX ALPHABÉTIQUE

PAGES

A

Ages géologiques (durée) ... 103
Air 50
Ammonite 128
Archéenne (Époque) 106
Archéenne (Faune et flore) 108
Atolls. 49

B

Barachois 61
Barre..... 61
Basaltes 23
Bélemnite 128
Bible et géologie..... 103
Brontosaure. 130
Bronze (Age du) 147

C

Calamite..... 121
Calotte polaire. 69
Cambrien 111
Cqmbro-Silurien..... 111
Carbonifère. 116
Carbonifère (Faune)..... 117
Carbonifère (Flore) 118
Cataractes..... 16
Centre (liquide du globe).. 80
Chaleur..... 78
Chaleur (interne du globe). 79
Champlain (Etage)..... 138
Chute Hamilton..... 16
Chute Montmorency..... 16
Chute Niagara 16
Chute Victoria 16
Classification archéologique 146
Classification géologique.... 101
Continents. 11
Coraux..... 47

PAGES

Cordaïte. 118
Cycadée..... 127
Cyclones 51

D

Delta..... 61
Dévonien..... 114
Dévonien (Fossiles) 115
Diatomées. 50
Dinosauriens..... 130
Dinothérium 135, 136
Diorites. 22
Diplodocus..... 130
Dunes. 52

E

Eau 13, 53
Eaux courantes (Action des) 58
Écorce terrestre. 100
Edification. 59
Eozoon Canadense 108
Erosion.....51, 58, 67
Eruption volcanique..... 86
Eugéréon. 117

F

Fer (Age du)..... 147
Filons..... 38
Fleuves et rivières. 15
Foraminifères. 46
Fossiles. 38
Froid 72

G

Gangue..... 38
Gaz naturel..... 112

PAGES

Genre humain (Age du) . . . 143
Genre humain (Histoire du) 144
Geysers 93
Glace. 64, 73
Glaciaire (Etage) 138
Glacier. 64
Gneiss. 22
Granits. 21
Graptolites 113

H

Homme préhistorique 145
Horizon géologique 37
Houille. 45
Houille (Formation) 45

I

Iceberg. 70
Ichthyosaure. 128
Iguanodon. 130
Iles. 11

L

Lacs. 14
Laves. 23
Lépidodendron. 119
Lépidostée. 117
Lits (Concordance ou discordance). 34
Lits (Dénudations) 36
Lirs (Dislocations). 36
Lits (Plissements) 35
Lits (Structure). 34

M

Madrépores. 48
Mammoth Cave. 54
Mammouth. 140
Mégalosaure. 130
Mer (Action de la). 56
Micaschistes. 22
Mondes (Formation des) . . 97
Montagnes. 12
Montagnes (Formation) . . 75
Moraine. 66

PAGES

N

Neige. 62, 72
Névé 63

O

Océans. 14
Organismes vivants. 44
Ouragan. 51
Ours des cavernes. 140

P

Palæotherium 134, 135
Permien. 123
Permien (Faune). 123
Permien (Flore) 124
Pierre (Age de la). 146
Plaines. 12
Plateau (Expérience de) . . 82
Plateaux. 12
Plésiosaure. 129
Polypiers. 48
Primaire (Epoque). 109
Ptérichthys 115
Ptérodactyle. 129, 130

Q

Quaternaire (Epoque) 137
Quaternaire (Faune) 140
Quaternaire (Flore) 139

R

Radiolaires 47
Renne. 142
Rhinocéros laineux. 141
Roches. 19
Roches argileuses. 27
Roches calcaires. 26
Roches combustibles. 28
Roches éruptives. 19
Roches métamorphiques. . . . 20
Roches salines. 28
Roches sédimentaires. 24
Roches siliceuses 26

PAGES

S

Secondaire (Epoque) 125
Secondaire (Faune) 127
Secondaire (Flore) 127
Sigillaire. 120
Silurien. 111, 112
Silurien (Fossiles) 113
Sources thermales 92
Sphaignes. 45
Stalactite..... 54
Stalagmite..... 54
Syénites. 23

T

Tempête..... 51
Terrains..... 30
Terrains (Affaissement) 74
Terrains (Ages des) 32
Terrains (Soulèvement) 74

PAGES

Terrasses (Etages des). 139
Terre (Diamètre). 9
Terre (Formation). 98
Tertiaire (Epoque) 132
Tertiaire (Faune)..... 135
Tertiaire (Flore)..... 134
Tertiaire (Sédiments) 134
Tourbe..... 45
Trachytes 23
Transformisme. 148
Tremblement de terre. 75
Trenton. 111
Trilobite. 113
Trombe..... 51

V

Veines. 37
Vent. 51
Volcan. 83
Volcan (Théorie)..... 89

———

TABLE GÉNÉRALE

PAGES

Notions préliminaires..... 5

PREMIÈRE PARTIE

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE

Chapitre I. — L'élément solide de la surface du globe terrestre.... 11
Chapitre II. — L'élément liquide de la surface du globe terrestre.. 13

DEUXIÈME PARTIE

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE

Chapitre I. — Les roches ou matériaux qui composent l'écorce terrestre..... 19
Chapitre II. — Les terrains..... 30

TROISIÈME PARTIE

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Chapitre I. — Les organismes vivants..... 44
Chapitre II. — L'air 50
Chapitre III. — L'eau..... 53
Chapitre IV. — Le froid..... 72
Chapitre V. — La chaleur..... 78

QUATRIÈME PARTIE

GÉOLOGIE HISTORIQUE

Chapitre I. — De la formation des Mondes. — De la formation de la Terre 95
Chapitre II. — Généralités sur l'écorce terrestre 100
Chapitre III. — Époque archéenne 106
Chapitre IV. — Époque primaire..... 109
Chapitre V. — Époque secondaire..... 125
Chapitre VI. — Époque tertiaire..... 132
Chapitre VII. — Époque quaternaire..... 137
Chapitre VIII. — L'homme préhistorique. — Le transformisme ... 143

9676 50

HUARD, VICTOR A

...Abrege de geologie

QE
40
.H8

OWNLINE
No. 3,161,423